



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

TEMA:

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC EN LA
EMPRESA INPROLAC S.A EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
QUESO FRESCO DE PRODUCTOS DULAC'S PARA EL
MEJORAMIENTO DE PROCESOS Y DE LA PRODUCTIVIDAD.**

AUTOR: JÁCOME GUZMÁN ENVER ALDEMAR

DIRECTOR: ING. RAMIRO SARAGURO

IBARRA-ECUADOR

2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	040188087-7		
APELLIDOS Y NOMBRES	JÁCOME GUZMÁN ENVER ALDEMAR		
DIRECCIÓN	CALLE SUCRE Y MEJÍA FRENTE A DIARIO LA HORA		
EMAIL	enver1991@live.com - eajg91@gmail.com		
NÚMERO CELULAR CLARO	0980044446	NÚMERO CELULAR MOVISTAR	0987781266
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO	"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC EN LA EMPRESA INPROLAC S.A EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO DE PRODUCTOS DULAC'S PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS Y DE LA PRODUCTIVIDAD."		
AUTOR	JÁCOME GUZMÁN ENVER ALDEMAR		
FECHA	Enero-2015		

Firma: _____

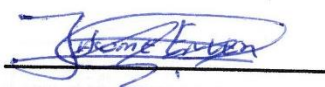
Nombre: Jácome Guzmán Enver Aldemar

C.I.: 040188087-7

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Enver Aldemar Jácome Guzmán, con cédula de identidad Nro. 040188087-7, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma:



Nombre: Jácome Guzmán Enver Aldemar

C.I.: 040188087-7

Ibarra, Enero 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Enver Aldemar Jácome Guzmán, con cédula de identidad Nro. 040188087-7, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC EN LA EMPRESA INPROLAC S.A EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO DE PRODUCTOS DULAC'S PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS Y DE LA PRODUCTIVIDAD."**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO INDUSTRIAL en la Universidad Técnica del Norte, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma: _____

Nombre: Jácome Guzmán Enver Aldemar

C.I.: 040188087-7

Ibarra, Enero 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En mi calidad de Director de Trabajo de Grado presentado por el egresado **ENVER ALDEMAR JÁCOME GUZMÁN**, para optar el título de **INGENIERO INDUSTRIAL**, cuyo tema es **"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC EN LA EMPRESA INPROLAC S.A EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO DE PRODUCTOS DULAC'S PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS Y DE LA PRODUCTIVIDAD."**, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, Enero 2015

ING. RAMIRO SARAGURO

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, Enero 2015

AUTOR:

Enver Aldemar Jácome Guzmán

C.I.: 040188087-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Enver Aldemar Jácome Guzmán, con cédula de identidad Nro. 040188087-7, declaro bajo juramento que la tesis **“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC EN LA EMPRESA INPROLAC S.A EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO DE PRODUCTOS DULAC’S PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS Y DE LA PRODUCTIVIDAD.”**, corresponde a mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Además a través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Enver Aldemar Jácome Guzmán

C.I.: 040188087-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

A mi madre Fanny Guzmán, quien me ha brindado su apoyo y comprensión durante toda la vida y quien es un pilar fundamental para mi superación personal y profesional. Gracias a sus consejos e incondicional apoyo he logrado culminar mi tesis de una manera responsable, humilde, honesta para así lograr cumplir con mis objetivos planteados.

Mil palabras no bastarían para agradecer el poder tener a mi madre a quien quiero decirle que no le defraudaré y espero tener su apoyo y comprensión como hasta hoy me lo ha entregado sin ninguna condición y prometo dar lo mejor de aquí en adelante poniendo en práctica sus consejos y recomendaciones.

Enver



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
AGRADECIMIENTO

A mis familiares y amigos quienes de alguna manera me han brindado su apoyo durante la elaboración de mi tesis y el transcurso de mi carrera.

A la Universidad Técnica del Norte y a los docentes de la FICA quienes compartieron sus conocimientos para posteriormente ser utilizados en mi vida profesional.

Al Ingeniero Ramiro Saraguro quien ha sido mi guía en la elaboración de mi tesis y quien ha compartido sus experiencias laborales para así fortalecer mis conocimientos.

A la empresa INPROLAC S.A por la apertura para la aplicación y financiamiento del proyecto.

Enver

RESUMEN

La finalidad de la implementación de la metodología DMAMC en la empresa INPROLAC S.A fue incrementar la productividad y mejorar la capacidad de los procesos de la línea de producción de queso fresco (500g) mediante la utilización de herramientas estadísticas para cumplir de mejor manera con los requisitos establecidos por los clientes.

CAPÍTULO 1: El primer capítulo contiene los fundamentos teóricos para la realización de la investigación tales como conceptos de calidad, productividad, seis sigma, eficacia, eficiencia; además contiene una explicación de las herramientas estadísticas utilizadas en cada fase de la metodología DMAMC.

CAPÍTULO 2: El segundo capítulo contiene información acerca de la empresa como número de trabajadores, producción, localización, descripción del proceso de elaboración de queso fresco y el levantamiento de datos del análisis inicial.

CAPÍTULO 3: El tercer capítulo contiene la implementación de la metodología DMAMC, en cada fase se aplicaron herramientas estadísticas para facilitar el manejo y análisis de datos, además se detalla las mejoras implementadas y los resultados obtenidos gracias a esta metodología.

CAPÍTULO 4: El cuarto capítulo contiene cuadros comparativos del antes y después de las mejoras implementadas en la línea de producción de queso fresco (500g) y contiene el resumen de indicadores del análisis inicial y final para así evaluar el resultado que se obtuvo mediante la implementación de la metodología DMAMC.

ABSTRACT

The purpose of the implementation of the DMAIC methodology INPROLAC SA Company was to increase productivity and improve process capability of the production line of fresh cheese (500g) using statistical tools to better meet the requirements set by customers.

CHAPTER 1: The first chapter provides the theoretical basis for conducting research concepts such as quality, productivity, Six Sigma, effectiveness, efficiency; also contains an explanation of the statistical tools used in each phase of the DMAIC methodology.

CHAPTER 2: The second chapter contains information about the company and number of employees, production, location, description of the process of making cheese and lifting the initial data analysis

CHAPTER 3: The third chapter contains the implementation of DMAIC at each stage statistical tools were applied to facilitate the management and analysis of data, and the improvements implemented and the results obtained by this methodology is detailed.

CHAPTER 4: The fourth chapter contains comparative tables before and after the improvements implemented in the production line of fresh cheese (500g) and contains a summary of indicators of the initial and final analysis in order to evaluate the result was obtained by implementation of DMAIC.

OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar la metodología DMAMC en la empresa INPROLAC S.A en la línea de producción de queso fresco de productos DULAC'S mediante la filosofía seis sigma para el mejoramiento de procesos y la productividad.

Objetivos Específicos

- Establecer las bases teóricas y científicas mediante la recopilación de información bibliográfica necesaria para realizar la implementación de la metodología DMAMC en la línea de producción de queso fresco.
- Realizar un diagnóstico actual de la empresa en la línea de producción de queso fresco a partir de una investigación de campo para determinar la situación inicial en que se encuentra la empresa.
- Mejorar los procesos y productividad de la empresa en la línea de producción de queso fresco mediante la implementación de la metodología DMAMC para así dar cumplimiento a los requerimientos de los clientes.
- Analizar y evaluar los resultados obtenidos luego de la implementación de la metodología DMAMC a través del método deductivo para determinar los beneficios obtenidos.

ALCANCE

El proyecto iniciará con una investigación de campo para determinar la situación actual de la empresa en la línea de producción de queso fresco, además se utilizará técnicas como la observación directa y entrevistas que servirán de apoyo para realizar dicho diagnóstico.

La metodología a seguir en el proyecto será el DMAMC la cual consta de las siguientes fases:

Fase definir (D).

En esta etapa se definirá el problema el cual debe ser lo más específico y medible posible, además se planteará los objetivos a alcanzar y se determinará las variables críticas de control (VCC), es decir, los requisitos del cliente.

Fase medir (M).

En esta fase se procederá a medir el rendimiento del proceso, esta es una etapa clave ya que ayuda a definir la situación actual y así comenzar a buscar la causa raíz del problema.

Fase analizar (A).

En esta fase se investigará y se determinará la causa raíz del problema en la cual se utilizará herramientas estadísticas para facilitar el análisis de datos.

Fase mejorar (M).

En esta fase se creará, seleccionará e implementará las soluciones posibles, esta solución estará dirigida a eliminar la causa raíz del problema y no debe ser tan costosa ni radical.

Fase controlar (C).

En esta fase se utilizará herramientas como cartas de control las cuales permitirán realizar el control al proceso, para así verificar la efectividad y la eficacia de los diversos cambios que sufrió el proceso luego de las etapas de mejora.

Además se utilizará programas computacionales como Minitab, Igrafx, Six sigma metric calculator y BizAgi que serán utilizados para realizar cálculos, análisis y comparaciones antes, durante y después de la implementación.

La investigación culminará, mediante el método deductivo, con el análisis de datos para así determinar los beneficios obtenidos con la implementación de la metodología DMAMC.

JUSTIFICACIÓN

El implementar la metodología DMAMC permitirá responder las necesidades de los clientes, generará la apertura a nuevos nichos de mercado, desencadenará el crecimiento económico de la empresa y permitirá la generación de nuevas plazas de trabajo y la estabilidad de sus trabajadores.

Los beneficiarios directos del proyecto serán los clientes internos y externos; externos porque se dará cumplimiento de sus exigencias e interno porque se garantizará estabilidad de su trabajo y con el aumento de la productividad se podrá generar incentivos.

Los beneficiarios indirectos serán los proveedores de la empresa porque continuarán abasteciendo de materias primas para la realización del producto debido a la permanencia y a la aceptación de los productos ofertados, además existe la posibilidad de abrir mercados internacionales por consiguiente generará la utilización de empresas logísticas que también serán beneficiarios indirectos de la ejecución de este proyecto.

El proyecto se articula con el objetivo 3 y 6 del Plan Nacional del Buen Vivir que son los siguientes:

-Mejorar la calidad de vida de la población.

El cual busca garantizar condiciones para la vida satisfactoria y saludable de todas las personas, fortaleciendo la capacidad pública y social para lograr una atención equilibrada, sustentable y creativa de las necesidades de las ciudadanas y ciudadanos.

-Garantizar el trabajo estable, justo y digno, en su diversidad de formas.

Se refiere a garantizar la estabilidad, protección, promoción y dignificación de las y los trabajadores sin excepciones, para consolidar sus derechos sociales y económicos como fundamento de nuestra sociedad.

En conclusión los impactos que tendrá el proyecto serán de carácter social, económico y educativo, de tal manera que servirá de aporte al desarrollo de la empresa y de la sociedad.

CONTEXTO

En el año de 1990 nace la fábrica productora de quesos la cual empezó procesando 45 litros de leche diarios y, desde ese momento la producción no ha parado hasta la actualidad, años después (1995) se implementaron dos líneas de producción: yogurt y manjar de leche, para entonces el volumen de producción rodeaba los 25000 litros de leche por día. En el año 2001 se crea la razón social INPROLAC S.A y DULAC'S se convierte en su primera marca a la que hoy se suma la nueva marca PORVENIR. En Abril del 2007 se invierte en la construcción y equipamiento con la más avanzada tecnología de una nueva planta en la avenida Víctor Cartagena y 24 de Mayo, en la ciudad de Cayambe.

INPROLAC S.A cuenta actualmente con más de 70 proveedores de leche, 130 proveedores de materia prima e insumos y genera más de 250 puestos de trabajo directo e indirecto aportando así con el desarrollo local. (Cadena, 2014)

La implementación de la metodología DMAIC se la realizara en la empresa INPROLAC S.A en la línea de producción de queso fresco de productos DULAC'S, ubicada en la ciudad de Cayambe, provincia de Pichincha, la principal aportación que generará esta implementación será mejorar los procesos y productividad en la línea de producción de queso fresco para así aportar con el crecimiento de la empresa y la permanencia de sus trabajadores.

ÍNDICES DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	¡Error! Marcador no definido.
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	¡Error! Marcador no definido.
CONSTANCIAS.....	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
OBJETIVOS	xii
ALCANCE	xii
JUSTIFICACIÓN.....	xiii
CONTEXTO.....	xiv
ÍNDICES DE CONTENIDOS.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xxii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xxv
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xxvi
CAPÍTULO 1.....	1
1. FUNDAMENTOS DE SEIS SIGMA	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Fases de la metodología DMAMC.	2
1.2.1 Fase definir.	2
1.2.1.1 Herramientas de la fase definir.	3
1.2.1.1.1 Proceso.....	3
1.2.1.1.2 Diagrama SIPOC (Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer).	3
1.2.1.1.3 Diagrama de flujo del proceso.....	3
1.2.1.1.4 Despliegue de la función de calidad (QFD, de Quality Function Deployment). ...	4
1.2.1.1.5 Distribución de planta.....	4
1.2.2 Fase medir.....	4
1.2.2.1 Herramientas de la fase medir.	5
1.2.2.1.1 Estudio R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad).....	5
1.2.2.1.2 Hojas de verificación.	5
1.2.2.1.3 Histograma.....	6
1.2.2.1.4 Estudio de índices de capacidad.....	6

1.2.2.2 Productividad.	7
1.2.2.3 Gráfico normal de probabilidad.	8
1.2.2.4 Distribución de probabilidad normal.	9
1.2.2.5 Distribución de probabilidad normal estándar.....	9
1.2.3 Fase analizar.	10
1.2.3.1 Herramientas de la fase analizar.....	10
1.2.3.1.1 Diagrama de Pareto.	10
1.2.3.1.2 Diagrama causa-efecto.	10
1.2.3.1.3 Los cinco ¿Por qué?	11
1.2.3.1.4 Diagrama de dispersión.	11
1.2.3.1.5 Análisis de modo y efecto de falla (FMEA-Failure Mode Effect Analysis).	11
1.2.4 Fase mejorar.....	12
1.2.4.1 Herramientas de la fase mejorar.	12
1.2.4.1.1 Brainstorming (Lluvia de ideas).	12
1.2.4.1.2 Sistema poka-yoke.....	12
1.2.4.1.3 Las 5's.....	13
1.2.4.1.4 Matriz de priorización.	13
1.2.5 Fase controlar.	13
1.2.5.1 Herramientas de la fase controlar.	14
1.2.5.1.1 Gráficos de control.	14
1.2.5.1.2 Tiempo estándar.	14
CAPÍTULO 2.....	15
2. ANÁLISIS ACTUAL DE LA EMPRESA.	15
2.1 Antecedentes de la empresa.....	15
2.1.1 Razón social.	15
2.1.2 Misión	15
2.1.3 Visión...	15
2.1.4 Valores.	15
2.1.5 Certificaciones y méritos obtenidos.....	15
2.1.6 Proveedores.	16
2.1.7 Principales competidores.	16
2.1.8 Número de trabajadores.	16
2.1.9 Volumen de producción.	17
2.1.10 Ubicación geográfica.....	17
2.2 Procesos macro, meso y micro.	18
2.2.1 Introducción.	18
2.2.2 Macroproceso.	19

2.2.2.1 Procesos estratégicos.....	19
2.2.2.2 Procesos clave.....	19
2.2.2.3 Procesos de apoyo.	20
2.2.3 Mesoproceso.	20
2.2.3.1 Cuajado y desuerado.....	21
2.2.3.2 Moldeado.	21
2.2.3.3 Prensado.	21
2.2.3.4 Desmoldeado.....	21
2.2.3.5 Salado.....	21
2.2.3.6 Empaque.	21
2.2.4 Microproceso.	21
2.2.4.1 Diagrama del subproceso de cuajado y desuerado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.	22
2.2.4.2 Diagrama del subproceso de moldeado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.	24
2.2.4.3 Diagrama del subproceso de prensado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.	27
2.2.4.4 Diagrama del subproceso de desmoldeado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.	29
2.2.4.5 Diagrama del subproceso de salado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.	31
2.2.4.6 Diagrama del subproceso de empaque en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.	34
2.3 Tiempo de producción actual.	36
2.4 Indicadores de productividad.	37
2.4.1 Productividad monofactorial y multifactorial.	37
2.5 Determinación de los requisitos del cliente.	38
2.6 Índices de capacidad.	39
2.6.1 Capacidad del proceso actual respecto al peso del queso de 500 g.	39
2.6.1.1 Probabilidades (variable peso).....	46
2.6.2 Capacidad del proceso actual respecto al porcentaje de humedad del queso de 500 g.....	46
2.6.2.1 Probabilidades (variable humedad).....	50
2.6.3 Resumen de indicadores antes de la implementación de las mejoras.....	50
2.6.4 Pérdidas económicas generadas por el porcentaje de unidades fuera de especificaciones.	51
CAPÍTULO 3.....	52
3. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC.	52
3.1 Fase definir.	52
3.1.1 Formación del equipo de trabajo.	52

3.1.2 Descripción del problema.....	52
3.1.3 Objetivo general.....	52
3.1.4 Objetivos específicos.....	52
3.1.5 Clientes potenciales.....	53
3.1.6 Variables críticas de control.....	53
3.1.7 Despliegue de la función de calidad.....	54
3.2 Fase medir.....	54
3.2.1 Indicadores obtenidos del análisis inicial respecto a la variable peso.....	55
3.2.2 Indicadores obtenidos del análisis inicial respecto a la variable humedad.....	55
3.2.3 Productividad inicial.....	56
3.2.4 Pérdidas económicas generadas por la sobredosificación.....	56
3.3 Fase analizar.....	56
3.3.1 Los cinco ¿por qué?.....	56
3.3.2 Diagrama causa-efecto.....	57
3.3.3 Análisis de modo y efecto de falla (FMEA-Failure Mode Effect Analysis).....	58
3.4 Fase mejorar.....	59
3.4.1 Soluciones para disminuir o eliminar el porcentaje de unidades fuera de especificaciones.....	59
3.4.1.1 Brainstorming (Lluvia de ideas).....	59
3.4.1.2 Matriz de priorización para determinar la mejor solución.....	60
3.4.1.2.1 Matriz de priorización de alternativa-criterio-alternativa.....	61
3.4.1.3 Planificación de la implementación.....	64
3.4.1.4 Descripción de las mejoras.....	64
3.4.1.5 Producción después de las mejoras.....	67
3.4.2 Diagrama de actividades de los subprocesos de la elaboración de queso fresco después de las mejoras y cálculo del tiempo estándar (500 gramos).....	68
3.4.2.1 Diagrama del subproceso de cuajado y desuerado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.....	68
3.4.2.2 Diagrama del subproceso de moldeado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.....	69
3.4.2.3 Diagrama del subproceso de prensado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.....	70
3.4.2.4 Diagrama del subproceso de desmoldeado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.....	71
3.4.2.5 Diagrama del subproceso de salado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.....	72
3.4.2.6 Diagrama del subproceso de empaque en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.....	73
3.4.3 Tiempo de producción (mejorado).....	74
3.4.4 Indicadores de productividad (mejorado).....	74

3.4.4.1 Productividad monofactorial y multifactorial.	74
3.4.5 Índices de capacidad (quesos de 500g-mejorado).	75
3.4.5.1 Capacidad actual de proceso (variable peso-mejorado).....	75
3.4.6 Probabilidades (quesos de 500g-mejorado).	81
3.4.7 Resumen de indicadores después de la implementación de las mejoras (quesos de 500g).....	82
3.4.8 Pérdidas económicas generadas por el porcentaje de unidades fuera de especificaciones después de las mejoras.	83
3.4.9 Determinación del impacto generado por cambio de forma del queso sobre los clientes externos mediante la realización de encuestas.	83
3.4.9.1 Análisis de encuestas a los clientes externos.....	84
3.5 Fase controlar.	86
CAPÍTULO 4.....	89
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	89
4.1 Cuadros comparativos antes y después de la implementación de la metodología DMAMC.	89
4.1.1 Producción total de un lote antes y después de las mejoras.	89
4.1.2 Gráficas de capacidad antes y después de las mejoras.	89
4.1.3 Resumen de indicadores de calidad, productividad y de pérdidas económicas antes y después de la implementación de las mejoras.	90
4.2 Costos y tiempo de recuperación de la inversión.	91
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94
ANEXOS.....	95
ANEXO 1: Balanza utilizada en el levantamiento de datos.	95
ANEXO 2: Certificado de calibración del equipo de medición.	96
ANEXO 3: Tabla 5.1 Valores del Cp y su interpretación.	97
ANEXO 4: Tabla 5.2 Los índices Cp, Cpi y Cps en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.	97
ANEXO 5: Tabla 14.1 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de falla.	98
ANEXO 6: Tabla 14.2 Criterios para la clasificación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla.	99
ANEXO 7: Tabla 14.3 Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.....	100
ANEXO 8: TABLA A1 Factores para la construcción de las cartas de control.	101
ANEXO 9: TABLA A2 Puntos críticos de la distribución normal estándar ($\mu = 0, \sigma = 1$), $PZ > z$	102
ANEXO 10: Fórmulas utilizadas en el proyecto.....	103
ANEXO 11: Método de Westinghouse para el cálculo del factor de valoración.	105

ANEXO 12: Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.....	106
ANEXO 13: Ábaco de Lifson.....	107
ANEXO 14: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de las actividades de moldeado.....	108
ANEXO 15: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de prensado.....	108
ANEXO 16: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de desmoldeado.....	108
ANEXO 17: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de salado.....	108
ANEXO 18: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de las actividades de empaque.....	109
ANEXO 19: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de las actividades de moldeado (mejorado).....	109
ANEXO 20: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de prensado (mejorado).....	110
ANEXO 21: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de desmoldeado (mejorado).....	110
ANEXO 22: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de salado (mejorado).....	110
ANEXO 23: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de las actividades de empaque (mejorado).....	110
ANEXO 24: Encuesta a clientes externos para determinar el impacto que genera el cambio de queso fresco Dulac's de redondo a rectangular.	111
ANEXO 25: Ficha técnica de recepción de materia prima.....	112
ANEXO 26: Ficha técnica de pasteurización.....	113
ANEXO 27: Ficha técnica de queso fresco (500g).	114
ANEXO 28: Certificado de socialización del proyecto.	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de conversión Sigma.....	1
Tabla 2: Criterios de aceptación del estudio (R&R).....	5
Tabla 3: Productividad y sus componentes.	7
Tabla 4: Número de trabajadores por departamento.....	16
Tabla 5: Volumen de producción mensual.	17
Tabla 6: Producción total de un lote.....	18
Tabla 7: Cálculo del factor de valoración (cuajado y desuerado).....	22
Tabla 8: Cálculo de suplementos (cuajado y desuerado).....	23
Tabla 9: Cálculo del número de observaciones para las actividades de moldeado.....	24
Tabla 10: Cálculo del factor de valoración (moldeado).....	25
Tabla 11: Cálculo de suplementos (moldeado).....	25
Tabla 12: Cálculo del número de observaciones para la actividad de prensado.....	27
Tabla 13: Cálculo del factor de valoración (prensado).....	27
Tabla 14: Cálculo de suplementos (prensado).....	27
Tabla 15: Cálculo del número de observaciones para la actividad de desmoldeado.	29
Tabla 16: Cálculo del factor de valoración (desmoldeado).....	29
Tabla 17: Cálculo de suplementos (desmoldeado).....	30
Tabla 18: Cálculo del número de observaciones para la actividad de salado.....	31
Tabla 19: Cálculo del factor de valoración (salado).....	32
Tabla 20: Cálculo de suplementos (salado).....	32
Tabla 21: Cálculo del número de observaciones para las actividades de empaque.....	34
Tabla 22: Cálculo del factor de valoración (empaque).....	34
Tabla 23: Cálculo de suplementos (empaque).....	35
Tabla 24: Productividad monofactorial y multifactorial.	37
Tabla 25: Datos de muestreo (variable peso).....	40
Tabla 26: Probabilidades (variable peso).	46
Tabla 27: Datos de muestreo (variable humedad).....	47
Tabla 28: Probabilidades (variable humedad).	50
Tabla 29: Resumen de indicadores (análisis inicial).....	50
Tabla 30: Pérdidas económicas generadas por sobredosificación.	51
Tabla 31: Formación del equipo de trabajo.....	52
Tabla 32: Variables críticas de control.....	53
Tabla 33: Relación de variables críticas de control con los subprocesos de elaboración de queso fresco.....	54
Tabla 34: Indicadores de capacidad inicial (variable peso).....	55
Tabla 35: Indicadores de capacidad inicial (variable humedad).....	55
Tabla 36: Productividad inicial.....	56
Tabla 37: Análisis de modo y efecto de fallas.	58
Tabla 38: Ponderación para criterios y relación con las deferentes soluciones.....	60
Tabla 39: Matriz de priorización de criterios.	61
Tabla 40: Criterio COSTO DE IMPLEMENTACIÓN.....	61
Tabla 41: Criterio TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN.....	62
Tabla 42: Criterio SATISFACCIÓN DEL CLIENTE.....	62
Tabla 43: Matriz final-Relación de todos los criterios con las posibles soluciones.....	63
Tabla 44: Planificación de mejoras.....	64

Tabla 45: Producción de un lote después de la implementación de las mejoras.	67
Tabla 46: Cálculo del número de observaciones para las actividades de moldeado (mejorado).	69
Tabla 47: Cálculo del número de observaciones para la actividad de prensado (mejorado).	70
Tabla 48: Cálculo del número de observaciones para la actividad de desmoldeado (mejorado).	71
Tabla 49: Cálculo del número de observaciones para la actividad de salado (mejorado).	72
Tabla 50: Cálculo del número de observaciones para las actividades de empaque (mejorado).	73
Tabla 51: Productividad monofactorial y multifactorial (mejorado).	75
Tabla 52: Datos de muestreo (variable peso-mejorado).	77
Tabla 53: Probabilidades (variable peso-mejorado).	82
Tabla 54: Indicadores (proceso mejorado).	82
Tabla 55: Perdidas económicas después de las mejoras.	83
Tabla 56: Cálculo de los límites de control para la carta de medias y rangos (\bar{X} -R).	87
Tabla 57: Producción antes y después de las mejoras.	89
Tabla 58: Resumen total de indicadores.	90
Tabla 59: Ingresos mensuales obtenidos después de las mejoras y tiempo de repago. ...	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fases de la metodología DMAMC.	2
Figura 2: Símbolos y significado del diagrama de proceso.	4
Figura 3: Curva en forma de campana de una distribución normal.	9
Figura 4: Curva en forma de campana de una distribución normal estándar.	9
Figura 5: Ubicación geográfica de INPROLAC S.A.	17
Figura 6: Mapa de procesos INPROLAC S.A.	19
Figura 7: Flujo del proceso de elaboración de queso fresco.	20
Figura 8: Diagrama del subproceso de cuajado y desuerado.	23
Figura 9: Diagrama SIPOC del subproceso de cuajado y desuerado.	24
Figura 10: Diagrama del subproceso de moldeado.	26
Figura 11: Diagrama SIPOC del subproceso de moldeado.	26
Figura 12: Diagrama del subproceso de prensado.	28
Figura 13: Diagrama SIPOC del subproceso de prensado.	28
Figura 14: Diagrama del subproceso de desmoldeado.	30
Figura 15: Diagrama SIPOC del subproceso de desmoldeado.	31
Figura 16: Diagrama del subproceso de salado.	33
Figura 17: Diagrama SIPOC del subproceso de salado.	33
Figura 18: Diagrama del subproceso de empaque.	35
Figura 19: Diagrama SIPOC del subproceso de empaque.	36
Figura 20: Diagrama de Gantt.	37
Figura 21: Diagrama de actividades del subproceso de cuajado y desuerado (mejorado).	68
Figura 22: Diagrama de actividades del subproceso de moldeado (mejorado).	69
Figura 23: Diagrama de actividades del subproceso de prensado (mejorado).	70
Figura 24: Diagrama de actividades del subproceso de desmoldeado (mejorado).	71
Figura 25: Diagrama de actividades del subproceso de salado (mejorado).	72
Figura 26: Diagrama de actividades del subproceso de empaque (mejorado).	73
Figura 27: Diagrama de Gantt del proceso de elaboración de queso fresco 500g (mejorado).	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico de probabilidad normal.....	8
Gráfico 2: Pérdidas económicas generadas por no conformidades.	38
Gráfico 3: Capacidad del proceso (variable peso).	45
Gráfico 4: Capacidad del proceso (variable humedad).	49
Gráfico 5: Diagrama causa-efecto.....	57
Gráfico 6: Capacidad del proceso (variable peso-mejorado)	81
Gráfico 7: Resultados de la encuesta realizada a clientes externos (pregunta 1).....	84
Gráfico 8: Resultados de la encuesta realizada a clientes externos (pregunta 2).....	85
Gráfico 9: Resultados de la encuesta realizada a clientes externos (pregunta 3).....	85
Gráfico 10: Resultados de la encuesta realizada a clientes externos (pregunta 4).....	86
Gráfico 11: Carta de control (\bar{X}).	88
Gráfico 12: Carta de control R.....	88
Gráfico 13: Capacidad del proceso antes y después de las mejoras.	89

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Cambio de molde.....	65
Fotografía 2: Cambios en la dosificadora.....	65
Fotografía 3: Cambios en materiales.....	66
Fotografía 4: Cambios en la presentación final.....	67
Fotografía 5: Balanza utilizada en el levantamiento de datos.....	95

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS DE SEIS SIGMA.

1.1 Introducción.

Sigma (σ) es la letra griega utilizada en estadística para expresar la desviación estándar de un proceso, que permite cuantificar la dispersión de los datos de una variable. El nivel de sigma indica que tan bien está la variación del proceso respecto a las especificaciones o requerimientos de los clientes, el nivel Seis Sigma indica 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO). (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009, pág. 420)

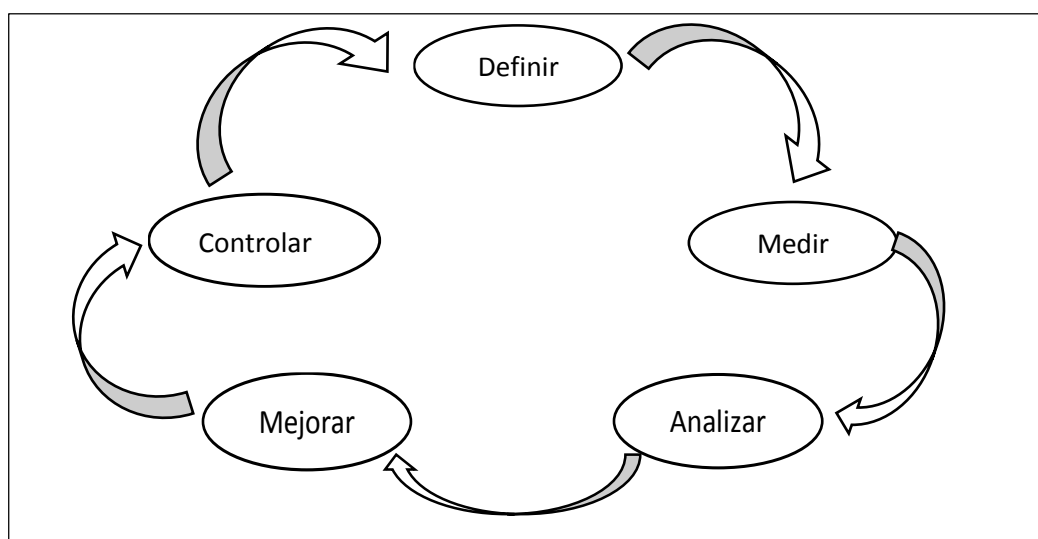
Tabla 1: Tabla de conversión Sigma.

RENDIMIENTO (%)	DPMO	SIGMA
6,68	933200	0
10,56	894400	0,25
15,87	841300	0,5
22,66	773400	0,75
30,85	691500	1
40,13	598700	1,25
50	500000	1,5
59,87	401300	1,75
69,15	308500	2
77,34	226600	2,25
84,13	158700	2,5
89,44	105600	2,75
93,32	66800	3
95,99	40100	3,25
97,73	22700	3,5
98,78	12200	3,75
99,38	6200	4
99,7	3000	4,25
99,87	1300	4,5
99,94	600	4,75
99,977	230	5
99,987	130	5,25
99,997	30	5,5
99,99833	16,7	5,75
99,99966	3,4	6

Fuente: (Cavanagh, Neuman, & Pande, 2004, pág. 169)

La filosofía seis sigma, es una herramienta de mejora la cual permite a las empresas u organizaciones ser más eficientes y eficaces y enfocarse a la satisfacción de los clientes. Esta herramienta se aplica con la implementación de un equipo de trabajo que debe proponer una estrategia que permita fortalecer las capacidades de la empresa u organización y de las personas que la conforman. La filosofía seis sigma se basa en cinco etapas o fases (metodología DMAMC).

Figura 1: Fases de la metodología DMAMC.



Fuente: (Herrera A, 2006, págs. 19,22)

1.2 Fases de la metodología DMAMC.

1.2.1 Fase definir.

En esta fase el primer paso es identificar el problema el cuál debe ser específico y puntual, no debe reflejar su causa, posibles responsables ni opiniones sobre lo que se está haciendo mal. Luego de establecer el problema se redacta el objetivo el cual incluye una descripción de lo que se va a realizar, debe ser medible e incluir una fecha estimada de cumplimiento.

El segundo paso es identificar los requisitos del cliente que es afectado por el problema, si la empresa u organización cuenta con un sistema para convertir la voz del cliente a requisitos medibles se empieza con el levantamiento de datos, caso contrario se requiere obtener la información directamente de los clientes para determinar sus requisitos.

El tercer paso consiste en identificar y documentar el proceso a estudiar y toda su información. (Cavanagh, Neuman, & Pande, 2004, págs. 72,73,74,80,81)

1.2.1.1 Herramientas de la fase definir.

1.2.1.1.1 Proceso.

Se refiere a las actividades comerciales y de producción de una empresa u organización. En un proceso existen entradas y salidas. Las entradas pueden ser materiales, dinero, información, datos. Las salidas pueden ser información, productos, servicios. La salida de un proceso puede ser la entrada de otro, generalmente las salidas requieren medidas de desempeño para alcanzar resultados como la satisfacción del cliente. (Besterfield, 2009, pág. 46)

1.2.1.1.2 Diagrama SIPOC (Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer).

Proveedores (S): Empresas, organizaciones o personas que proporcionan información, materiales y los diferentes recursos necesarios para la realización del proceso.

Entradas (I): Información, materiales y los diferentes recursos proporcionados por los proveedores que posteriormente serán transformados durante el proceso.

Proceso (P): Serie de actividades que interactúan y ayudan a transformar las entradas.

Salidas (O): Es el resultado del proceso, es decir, el producto o servicio que será utilizado por el cliente.

Cliente (C): Empresa, organización o persona que recibe el producto. (Cavanagh, Neuman, & Pande, 2004, pág. 90)

1.2.1.1.3 Diagrama de flujo del proceso.

El diagrama de flujo del proceso es útil para registrar los costos ocultos y las actividades que no generan valor como por ejemplo, distancias recorridas, retrasos y almacenamiento temporal. La identificación de estas actividades permite disminuir o eliminarlas.

El diagrama además de registrar operaciones e inspecciones, muestra los retrasos de movimientos y almacenamiento durante el proceso de elaboración del producto.

Figura 2: Símbolos y significado del diagrama de proceso.

ACTIVIDAD	SÍMBOLO
Operación	○
Transporte.	⇒
Inspección.	□
Demora.	D
Almacenaje.	▽

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009, págs. 26,28)

1.2.1.1.4 Despliegue de la función de calidad (QFD, de Quality Function Deployment).

Es una herramienta que permite establecer y asignar prioridades a las oportunidades para mejorar el proceso y mejorar la satisfacción del cliente. (Besterfield, 2009, pág. 92).

1.2.1.1.5 Distribución de planta.

Es la ubicación física ordenada de la maquinaria, equipos, trabajadores y espacios necesarios para la mano de obra indirecta y el libre movimiento de materiales (García Criollo, 2005, págs. 143,144).

1.2.2 Fase medir.

El objetivo de esta fase es entender y cuantificar la magnitud del problema, por ello se define el proceso a un nivel más detallado para comprender el flujo de trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento. Además se analiza y se valida el sistema de medición para garantizar que las mediciones sean confiables ya que esto permite medir la situación actual (línea base) para clarificar el punto de arranque del proyecto de mejora.

En esta fase se identifica la causa raíz del problema (X vitales), entender como éstas generan el problema y confirmar las causas con datos, para encontrar las X

vitales es necesario identificar todas las variables de entrada y/o causas posibles del problema. (Gutiérrez Pulido, 2010, págs. 291,292)

1.2.2.1 Herramientas de la fase medir.

1.2.2.1.1 Estudio R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad).

El estudio R&R permite estimar la variación y el porcentaje de variación del proceso de medición y sus componentes que son:

-Repetibilidad: Variación por parte del equipo.

-Reproducibilidad: Variación por parte de la persona que realiza las mediciones.

(Besterfield, 2009, pág. 278)

Tabla 2: Criterios de aceptación del estudio (R&R).

PORCENTAJE	INTERPRETACIÓN
$R\&R < 10\%$	Excelente proceso.
$10\% < R\&R < 20\%$	Bueno, aceptable.
$20\% < R\&R < 30\%$	Marginalmente aceptable.
$R\&R > 30\%$	Inaceptable y debe ser corregido.

Fuente: (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009, pág. 286)

1.2.2.1.2 Hojas de verificación.

Para mejorar la calidad es necesario el adecuado manejo de datos, pero muchas veces estos no son ordenados adecuadamente y así dificultan su posterior análisis. Las hojas de verificación facilitan las tareas de levantamiento de información, evitan la posibilidad de errores y permiten un rápido análisis.

En el levantamiento de datos se debe tener en cuenta lo siguiente:

-No tomar datos que posteriormente no serán analizados.

-Asegurarse de que los datos sean tomados de manera que su análisis sea sencillo.

-Tomar los datos de una manera clara y ordenada una sola vez.

(Valderrey Sanz, 2013, págs. 30,31)

1.2.2.1.3 Histograma.

El histograma es un gráfico que da una idea clara de la distribución de la variable, incluyendo un modelo probabilístico para modelación. La graficación de los datos en un histograma permite analizar el proceso. (Valderrey Sanz, 2010, pág. 62)

1.2.2.1.4 Estudio de índices de capacidad.

Índice C_p , indica la capacidad potencial del proceso que da como resultado de dividir la variación tolerada entre la variación real del proceso, se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Índices C_{pi} , C_{ps} y C_{pk} , el índice C_p no toma en cuenta el centrado del proceso (μ), es por eso que la manera de tomar en cuenta el centrado del proceso es evaluar por separado las especificaciones superior e inferior a través de los índices de capacidad C_{pi} y C_{ps} , los cuales se definen de la siguiente manera:

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad ; \quad C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

Índice C_{pi} , indica la capacidad del proceso respecto al cumplimiento de la especificación inferior y el C_{ps} indica la capacidad del proceso respecto al cumplimiento de la especificación superior.

Índice C_{pk} , es conocido como índice de capacidad real del proceso el cual si toma en cuenta el centrado del proceso, se define de la siguiente manera:

$$C_{pk} = \text{Mínimo}\left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma}\right]$$

Índice C_{pm} (índice de Taguchi), es similar al índice C_{pk} ya que toma en cuenta el centrado y la variabilidad del proceso, según Taguchi la reducción de la variabilidad debe darse en torno al valor nominal (N) y no solo limitarse a cumplir con especificaciones, se define de la siguiente manera:

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

Donde τ (tau) está dada por:

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$$

Índice K, indica que tan centrada esta la distribución de un proceso con respecto a las especificaciones, se define de la siguiente manera:

$$K = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} * 100$$

(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009, págs. 101-106)

1.2.2.2 Productividad.

La productividad tiene relación con los resultados que se obtienen en un proceso, es decir, que incrementar la productividad es lograr mejores resultados tomando en cuenta los recursos utilizados para generarlos. La productividad se mide por el cociente entre los resultados logrados y los recursos utilizados, los resultados logrados pueden ser medidos en unidades producidas o en utilidades y los recursos utilizados pueden ser medidos en horas máquina, tiempo empleado, número de trabajadores, etc.

La productividad tiene dos componentes: eficiencia y eficacia. Eficiencia es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados y la eficacia es el grado de cumplimiento de las actividades planeadas para alcanzar los resultados planificados, es decir, tener eficiencia significa optimizar los recursos y disminuir o eliminar desperdicios y tener eficacia significa utilizar los recursos para alcanzar los objetivos planteados (hacer lo planeado). (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 21)

Tabla 3: Productividad y sus componentes.

<p>Productividad: mejoramiento continuo del sistema. Más que producir rápido, se trata de producir mejor.</p> <p style="text-align: center;">Productividad = Eficiencia x Eficacia</p> $\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total}} = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo total}} \times \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo útil}}$	
<p style="text-align: center;">Eficiencia = 50%.</p> <p>50% del tiempo se desperdicia en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Programación. • Paros no programados. • Desbalanceo de capacidades. • Mantenimiento y reparaciones. 	<p style="text-align: center;">Eficacia = 80%.</p> <ul style="list-style-type: none"> • De 100 unidades producidas 80 están libres de defectos. • 20 tuvieron algún tipo de defecto.

Fuente: (Gutiérrez Pulido, 2010, págs. 21,22)

Los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto-insumo, mediante este enunciado la productividad se puede incrementar de las siguientes maneras:

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

La productividad aumenta a medida en que se logre aumentar el numerador, es decir, el producto físico; también aumenta si el denominador disminuye, es decir el insumo.

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha elaborado, si no de la eficiencia con que se han utilizado los recursos.

Por tanto, la productividad puede ser medida según el punto de vista:

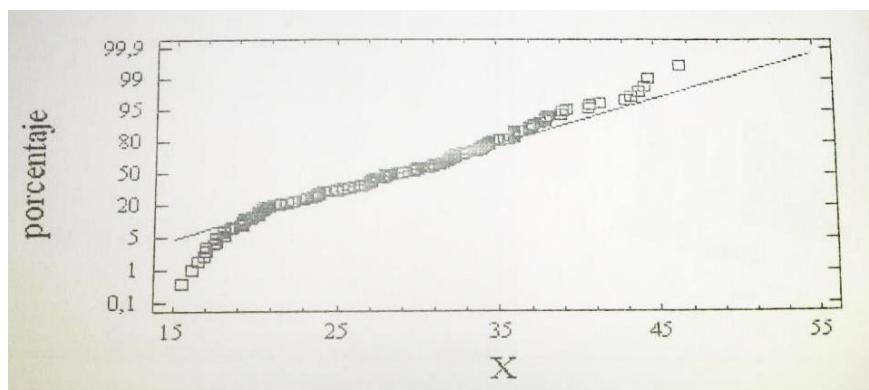
- Productividad = Producción/Insumos.
- Productividad = Recursos logrados/Recursos empleados.

(García Criollo, 2005, pág. 10)

1.2.2.3 Gráfico normal de probabilidad.

Sirven para determinar si un conjunto de datos relativos a una característica de calidad se ajusta a una distribución normal. La normalidad de los datos será perfecta cuando el gráfico de los puntos resulta ser una línea recta situada sobre la diagonal del primer cuadrante. (Valderrey Sanz, Seis Sigma, 2010, pág. 111)

Gráfico 1: Gráfico de probabilidad normal.



Fuente: (Valderrey Sanz, Seis Sigma, 2010, pág. 112)

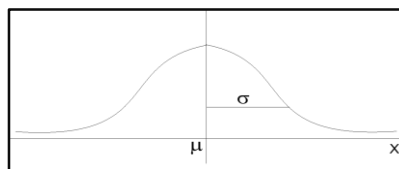
1.2.2.4 Distribución de probabilidad normal.

Es una de las distribuciones más usadas para describir variables aleatorias continuas y es de gran utilidad para realizar inferencia estadística ya que describe que tan probables son los resultados obtenidos de un muestreo.

Características de la distribución normal:

- Toda la familia de distribuciones normales se diferencia por medio de dos parámetros: la media (μ) y la desviación estándar (σ).
- El punto más alto de una curva normal se encuentra sobre la media, la cual coincide con la mediana y la moda.
- La media de una distribución normal puede tener cualquier valor: negativo, positivo o cero.
- La distribución normal es simétrica.
- La desviación estándar determina la amplitud de la curva normal.
- Las probabilidades están dadas mediante áreas bajo la curva normal.

Figura 3: Curva en forma de campana de una distribución normal.

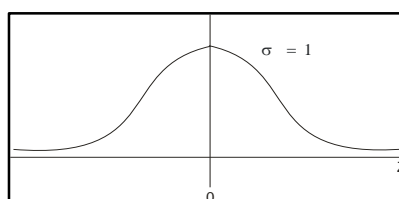


Fuente: (Anderson, Sweeney, & Thomas, 2008, págs. 231,232)

1.2.2.5 Distribución de probabilidad normal estándar.

Cuando una variable tiene una distribución normal y el valor de la media y desviación estándar es de 0 y 1, respectivamente, entonces será una distribución normal estándar.

Figura 4: Curva en forma de campana de una distribución normal estándar.



Fuente: (Anderson, Sweeney, & Thomas, 2008, págs. 233,234)

1.2.3 Fase analizar.

La finalidad de esta fase es comprender como y porque se genera el problema, es decir, determinar la causa raíz y confirmarla con datos.

Las herramientas de esta fase son muy variadas y hay que determinar cuáles son las adecuadas para facilitar el análisis y encontrar la causa raíz del problema. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009, págs. 428,429)

1.2.3.1 Herramientas de la fase analizar.

1.2.3.1.1 Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto muestra las causas de los problemas en orden de importancia y separa los pocos elementos vitales de los muchos triviales (regla del 80/20) y permite ser una guía para seleccionar los proyectos a fin de mejorar. (Evans & Lindsay, 2008, pág. 672)

1.2.3.1.2 Diagrama causa-efecto.

También conocido como diagrama de espina de pescado, fue desarrollado por Ishikawa a principio de los años cincuenta. El método consiste en definir la ocurrencia de un problema no deseado y, posteriormente, identificar las causas que lo generan. Las principales causas se subdividen en cinco o seis categorías principales que son:

-Humanas.

-Máquinas.

-Métodos.

-Materiales.

-Medio ambiente.

-Administrativas.

Generalmente estas causas principales se subdividen en subcausas y así continúa el proceso hasta que se detectan todas las causas posibles. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 19)

1.2.3.1.3 Los cinco ¿Por qué?

Es una herramienta que requiere que se pregunte “por qué” al menos cinco veces de forma específica y así poder determinar la causa principal del problema. (Besterfield, 2009, pág. 494)

1.2.3.1.4 Diagrama de dispersión.

Para encontrar la causa de un problema en un proceso es necesario analizar la relación existente entre dos variables numéricas. Por ejemplo, investigar si la variación de una variable de entrada (X) tiene cierto efecto en una variable de salida (Y). Para evaluar esta relación es necesaria la construcción del diagrama de dispersión y su interpretación depende en ver si los puntos siguen algún patrón. Se recomienda los siguientes pasos para su elaboración:

- Obtención de datos.
- Elegir ejes.
- Construir escalas.
- Graficar los datos.
- Documentar el diagrama.

(Gutiérrez Pulido, 2010, págs. 205,206)

1.2.3.1.5 Análisis de modo y efecto de falla (FMEA-Failure Mode Effect Analysis).

Es una técnica analítica donde se combinan la tecnología y la experiencia de las personas para detectar modos de falla previsibles en un producto, servicio o proceso y planificar su eliminación mediante la generación de soluciones, el análisis ayuda a eliminar una falla en base a la solución de las causas que lo generan antes de que ésta ocurra para así realizar cambios en el diseño y la producción de una manera fácil y menos costosa, lo que se pretende con este análisis es:

- Reconocer y evaluar la falla potencial de un producto, servicio o proceso y sus efectos.
- Generar soluciones que permitan eliminar o reducir la posibilidad de que ocurra la falla.

-Documentar el proceso.

(Besterfield, 2009, pág. 92)

1.2.4 Fase mejorar.

Luego de identificar y analizar la causa raíz del problema, se debe generar ideas para resolverlo o eliminarlo y así mejorar el desempeño. Esta etapa es una actividad donde se requiere creatividad ya que muchas de las ideas no contribuyen para solucionar el problema. Una de las dificultades de esta fase es juzgar las ideas antes de ser evaluadas provocando que muchas de las alternativas para solucionar el problema no sean tomadas en cuenta, lo recomendable es que se genere la mayor cantidad de ideas ya que pueden constituir la base para una solución práctica y definitiva. (Evans & Lindsay, 2008, pág. 513)

1.2.4.1 Herramientas de la fase mejorar.

1.2.4.1.1 Brainstorming (Lluvia de ideas).

Es una técnica que estimula a las personas (trabajadores, directivos) al desarrollo de la creatividad para generar ideas que contribuyan a la solución del problema. Consiste en generar la mayor cantidad de ideas en torno a un tema determinado, los integrantes pueden apoyarse en las ideas de los demás participantes para aportar y, si es posible, mejorar las propuestas. Las ideas deben ser evaluadas posteriormente o al finalizar el aporte de todos los participantes.

El brainstorming consta de tres fases:

-Definición del problema.

-Exposición de las ideas.

-Selección.

(Valderrey Sanz, 2013, pág. 27)

1.2.4.1.2 Sistema poka-yoke.

El propósito fundamental de este sistema es diseñar métodos de trabajo y procesos a prueba de errores. El término proviene del japonés: poka (error inadvertido), yoke (prevenir).

Este sistema propone abordar a los problemas desde su causa y actuar antes de que suceda el defecto, además reconoce que el ser humano comete errores y que la capacitación ni la experiencia son suficientes. De esta manera, para los errores relacionados con el cansancio, estados de ánimo o por la presión, es indispensable diseñar sistemas a prueba de errores (dispositivos poka-yoke) que ayudan a eliminar posibles fallas antes de que generen consecuencias graves. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009, pág. 172)

1.2.4.1.3 Las 5's.

Es una metodología que involucra a los participantes del proceso y permite organizar los lugares de trabajo con el propósito de mantenerlos funcionales, limpios, ordenados, agradables y seguros. El significado de las 5's es:

- Seiri (seleccionar): Eliminar del lugar de trabajo lo que no se utiliza.
- Seiton (ordenar): Ordenar el lugar de trabajo.
- Seiso (limpiar): Mantener limpio el lugar y las herramientas utilizadas.
- Seiketsu (estandarizar): Mantener y controlar las tres primeras S.
- Shitsuke (autodisciplinarse): Convertir las cuatro S en una manera natural de actuar.

(Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 110)

1.2.4.1.4 Matriz de priorización.

La matriz de priorización nos ayuda a dar ponderaciones a ideas, tareas, características, requisitos en base a criterios para así tomar decisiones efectivas, además sirve para reducir opciones al equipo de trabajo antes de realizar una planificación de la implementación a realizarse. (Besterfield, 2009, pág. 502)

1.2.5 Fase controlar.

Control se refiere al proceso que se utiliza para dar cumplimiento con estándares establecidos de manera consistente, que implica observar el desempeño actual y compararlo con el estándar.

El objetivo de esta fase es implementar actividades que ayudan a mantener los beneficios de las mejoras realizadas en el proceso, los propósitos de poner en práctica el control son:

-Mantener las ganancias de los proyectos de mejora.

-Promover al análisis de la variación del proceso, basado en datos, para identificar posibles mejoras.

-Definir responsabilidades y lograr un autocontrol.

(Juran, 2007, págs. 106,171,172)

1.2.5.1 Herramientas de la fase controlar.

1.2.5.1.1 Gráficos de control.

Es una representación gráfica de una característica de calidad, calculada mediante muestras del producto, en función del número de las muestras o del tiempo. Su función es mostrar si un proceso se encuentra bajo control o fuera de control. (Valderrey Sanz, 2013, pág. 48)

1.2.5.1.2 Tiempo estándar.

Esta técnica establece un estándar de tiempo permitido para realizar una tarea o actividad, en base a las mediciones del contenido del trabajo del método prescrito y toma en consideración la fatiga y retrasos necesarios del personal. (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 7)

CAPÍTULO 2

2. ANÁLISIS ACTUAL DE LA EMPRESA.

2.1 Antecedentes de la empresa.

La información sobre los antecedentes de la empresa fue extraída del Informe INPROLAC S.A. (Cadena, 2014)

2.1.1 Razón social.

En el año 2001 se crea la razón social INPROLAC S.A. dedicada a la fabricación y comercialización de productos alimenticios bajo la marca DULAC´S en el mercado ecuatoriano a la que hoy se suma la nueva marca PORVENIR.

2.1.2 Misión.

Fabricar y comercializar alimentos que cumplan con estándares de calidad, satisfaciendo las necesidades y expectativas de un mercado cada vez más exigente; contando con proveedores cuidadosamente seleccionados, talento humano idóneo y optimizando la utilización de todos los recursos, asegurando un crecimiento sustentado en procesos tecnológicos eficientes que retribuyan la inversión de los accionistas y sean amigables con el planeta.

2.1.3 Visión.

Alcanzar la utilización de planta en un 80%, obtener la certificación ISO 9001:2008 y aumentar un 4% anual en rentabilidad al 2015.

2.1.4 Valores.

- Seguridad alimentaria.
- Trabajo en equipo.
- Pro-actividad y liderazgo.
- Competencia.
- Mejoramiento continuo.

2.1.5 Certificaciones y méritos obtenidos.

- Certificado de buenas prácticas de manufactura “SGS”.
- Reconocimiento a la responsabilidad social “General Rumiñahui”.

-Reconocimiento de buenas prácticas empresariales por Empreven “Simón Bolívar”.

2.1.6 Proveedores.

-Printopac del Ecuador (Envases Plásticos).

-Supraplast (Etiquetas).

-Plásticos del litoral (Fundas).

-Plastiflan (Envases plásticos rígidos).

2.1.7 Principales competidores.

-Industrias Toni S.A.

-Alpina Ecuador.

-Prolachiv S.A.

-Consorcio Alimec.

-El Ranchito.

-Pura Crema.

-Zuu Leche.

2.1.8 Número de trabajadores.

INPROLAC S.A cuenta con 105 trabajadores, en la siguiente tabla se muestra como están distribuidos por departamento.

Tabla 4: Número de trabajadores por departamento.

DEPARTAMENTO	OPERATIVO	ADMINISTRATIVO	TOTAL	%
Dirección	-	3	3	2.86
Logística externa	2	1	3	2.86
Logística interna	13	2	15	14.29
Producción	55	2	57	54.29
Comercialización	6		6	5.71
Técnico	6	1	7	6.67
Financiero	5	1	6	5.71
Aseg. Calidad	4	1	5	4.76
Seguridad, salud ocupacional y ambiente	-	1	1	0.95
Talento humano	-	1	1	0.95
Servicios generales	1	-	1	0.95
TOTAL	92	13	105	100

Fuente: INPROLAC S.A

2.1.9 Volumen de producción.

La mayoría de la producción se concentra en la línea de yogurt con el 82% de la producción, la siguiente tabla muestra el porcentaje de producción de cada uno de los productos.

Tabla 5: Volumen de producción mensual.

PRODUCTO	CANTIDAD (Kg)	% DE PRODUCCIÓN
Yogurt	535788.92	82.19
Queso fresco	38210.59	5.86
Manjar	30741.35	4.72
Leche UHT	30694.43	4.71
Queso mozzarella	8679.63	1.33
Leche en funda	5576.91	0.86
Queso ricota	952.38	0.15
Mantequilla	774.75	0.12
Gelatinas	433.26	0.07
TOTAL	651852.22	100

Fuente: INPROLAC S.A

2.1.10 Ubicación geográfica.

INPROLAC S.A se encuentra ubicada en la ciudad de Cayambe, provincia de Pichincha, a 78 Km del norte de Quito.

Figura 5: Ubicación geográfica de INPROLAC S.A.



Fuente: INPROLAC S.A

2.2 Procesos macro, meso y micro.

A continuación se realiza una introducción para determinar la producción actual de quesos frescos y posteriormente se ilustra el mapa de procesos de la empresa; además se describe las funciones de cada uno de ellos tales como procesos estratégicos, procesos productivos y procesos de apoyo.

2.2.1 Introducción.

Actualmente en la línea de producción de quesos frescos se elaboran dos presentaciones, 500 y 350 gramos. El estudio y las mediciones se realizarán con el producto de 500 gramos. En el área trabajan 9 personas las cuales realizan diferentes tareas. La producción de queso de 500 gramos es de dos lotes (paradas) al día, en cada una se procesa 5000 litros de leche y generan 696 kg de queso (1392 unidades). La siguiente tabla muestra la producción de un lote.

Tabla 6: Producción total de un lote.

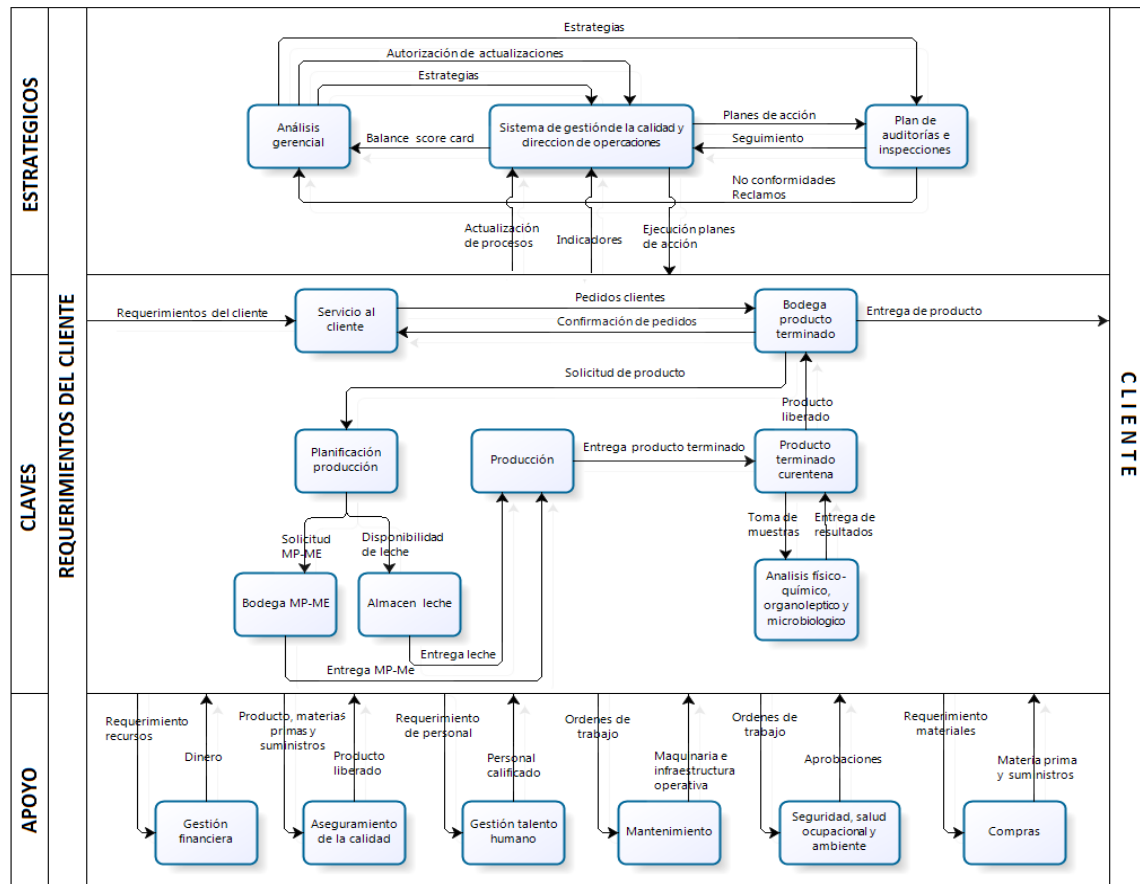
LOTE 1408023-1408024	
QUESO DE 500 GRAMOS	
Leche procesada (Lt).	5000
Número de bandejas.	58
Número de quesos por bandejas	24
NÚMERO DE UNIDADES	1392

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

2.2.2 Macroproceso.

Figura 6: Mapa de procesos INPROLAC S.A.



Fuente: INPROLAC S.A

2.2.2.1 Procesos estratégicos.

Dentro de los procesos estratégicos están los siguientes:

- Análisis gerencial.
- Sistema de gestión de calidad y dirección de operaciones.
- Plan de auditorías e inspecciones.

2.2.2.2 Procesos clave.

Dentro de los procesos clave están los siguientes:

- Almacenamiento de leche.
- Bodega de materia prima.
- Planificación de producción.

- Producción.
- Análisis físico-químico, organoléptico y microbiológico.
- Bodega de producto terminado.

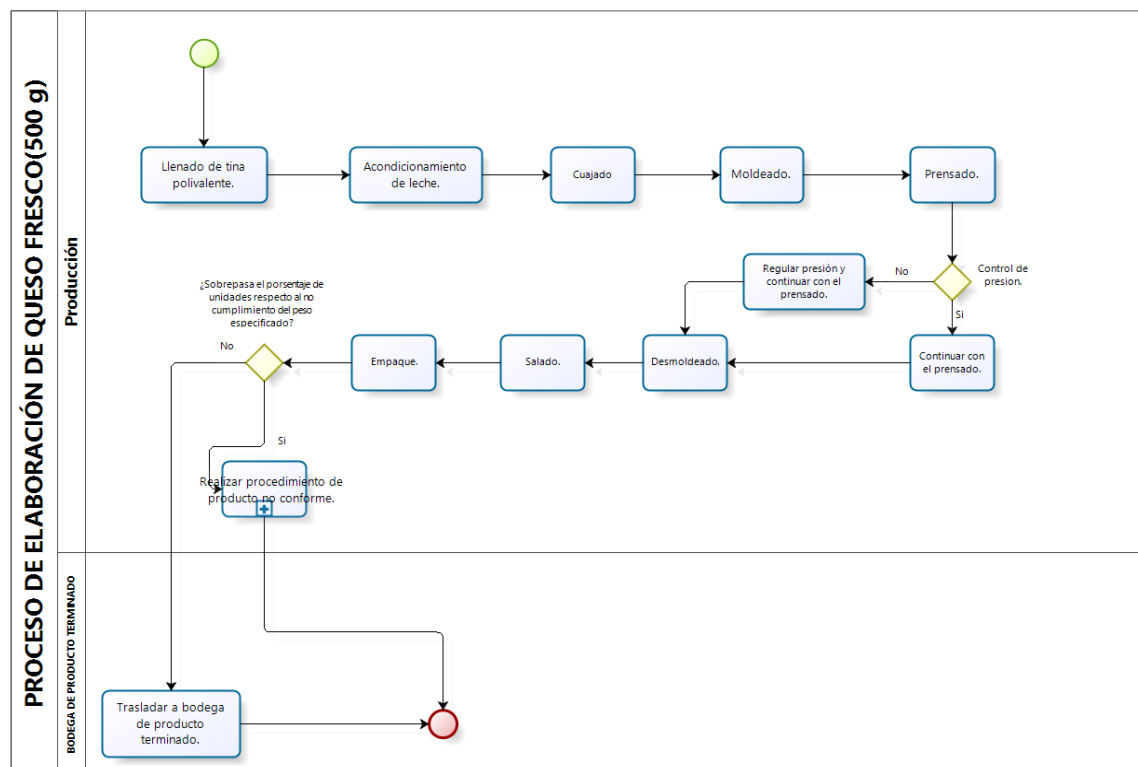
2.2.2.3 Procesos de apoyo.

Dentro de los procesos de apoyo están los siguientes:

- Gestión financiera.
- Aseguramiento de la calidad.
- Gestión de talento humano.
- Mantenimiento.
- Seguridad, salud ocupacional y ambiente.
- Compras.

2.2.3 Mesoproceso.

Figura 7: Flujo del proceso de elaboración de queso fresco.



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama nos muestra la secuencia que sigue cada uno de los subprocesos y los puntos de decisión o control.

2.2.3.1 Cuajado y desuerado.

Se trasladan 5000 Lt de leche pasteurizada a la tina polivalente para luego agregar los ingredientes de cuajado. Finalmente se deja en reposo y se corta la cuajada.

2.2.3.2 Moldeado.

Se coloca la cuajada en moldes y se llevan a las mesas de trabajo en donde se les recubre de un lienzo, se colocan en láminas para luego prensar a cada molde con un taco plástico.

2.2.3.3 Prensado.

Se someten las láminas con los moldes y tacos a una presión establecida por un determinado tiempo.

2.2.3.4 Desmoldeado.

Se retiran las láminas de las máquinas de prensado y se colocan los quesos en las mesas de trabajo, se quita el lienzo y el molde y se trasladan a los saladeros.

2.2.3.5 Salado.

Se colocan los quesos en una solución de sal muera por un tiempo establecido.

2.2.3.6 Empaque.

Se retiran los quesos de los saladeros y se trasladan al área de empaque para colocar el queso dentro de una funda, sellar al vacío, colocar en kavetas (15 unidades c/u) y trasladar a bodega de producto terminado.

2.2.4 Microproceso.

A continuación se muestra el diagrama de actividades de cada subproceso y el cálculo del tiempo estándar de cada actividad.

Para el cálculo del tiempo estándar se utiliza la siguiente fórmula:

$$Ts = FV * To * (1 + s)$$

Donde:

Ts = Tiempo estándar.

FV = Factor de valoración.

To = Tiempo observado.

S = Suplementos.

Para el cálculo del número de observaciones se utilizará el ábaco de Lifson (ver anexo 13), este método utiliza un número fijo de observaciones $n = 10$. La desviación típica se sustituye por un factor B, que se calcula de la siguiente manera:

$$B = \frac{S - I}{S + I}$$

Donde:

S = Tiempo superior.

I = Tiempo inferior.

Además se utilizará un riesgo de 2%, es decir, $R = 0.02$ y un error de 4%(e).

(García Criollo, 2005, págs. 206,240)

2.2.4.1 Diagrama del subproceso de cuajado y desuerado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

En esta etapa del proceso no es necesario determinar un número de observaciones para el cálculo del tiempo estándar ya que los tiempos son fijos.

Tabla 7: Cálculo del factor de valoración (cuajado y desuerado).

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad.	C2	+0.03
Esfuerzo.	C2	+0.02
Condiciones.	C	+0.02
Consistencia.	C	+0.01
TOTAL.		+0.08
Factor de valoración (FV).		1.08

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo del factor de valoración se utilizó el método de Westinghouse (ver anexo 11), como resultado se obtuvo +0.08%. La cantidad obtenida se suma o se resta a 1, dependiendo del signo que se obtenga.

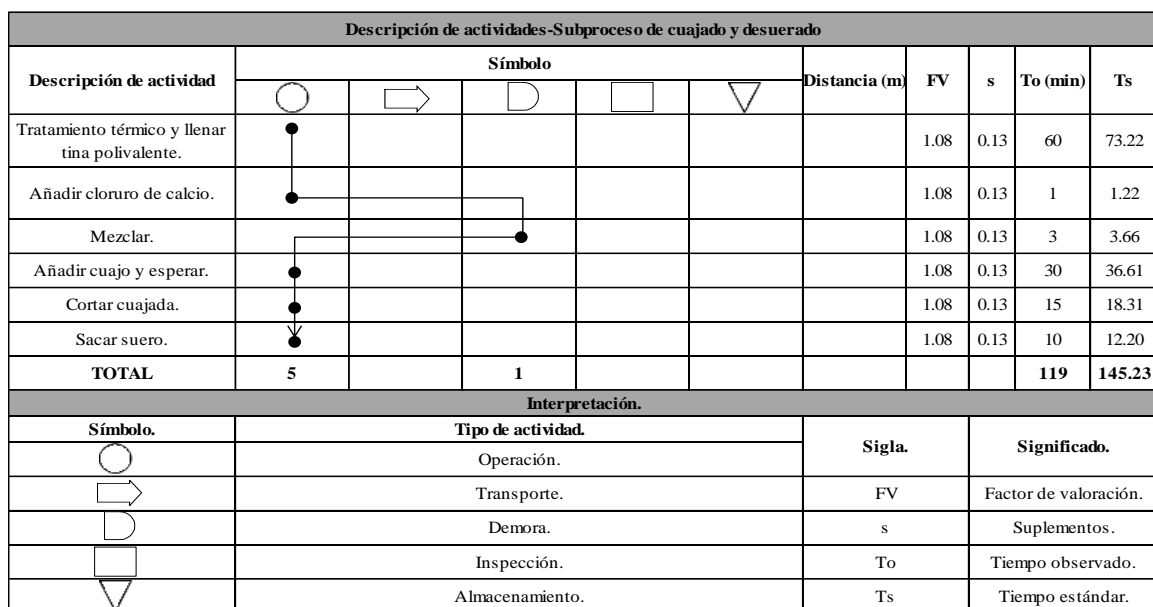
Tabla 8: Cálculo de suplementos (cuajado y desuerado).

Suplementos (hombre).	
Factor.	Porcentaje (%).
Nivel de ruido.	2
Tolerancia por fatiga.	4
Trabajar de pie.	2
Necesidades personales.	5
Total suplementos.	13

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo de suplementos se utilizó la tabla del sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales (ver anexo 12), como resultado se obtuvo suplementos del 13%.

Figura 8: Diagrama del subproceso de cuajado y desuerado.

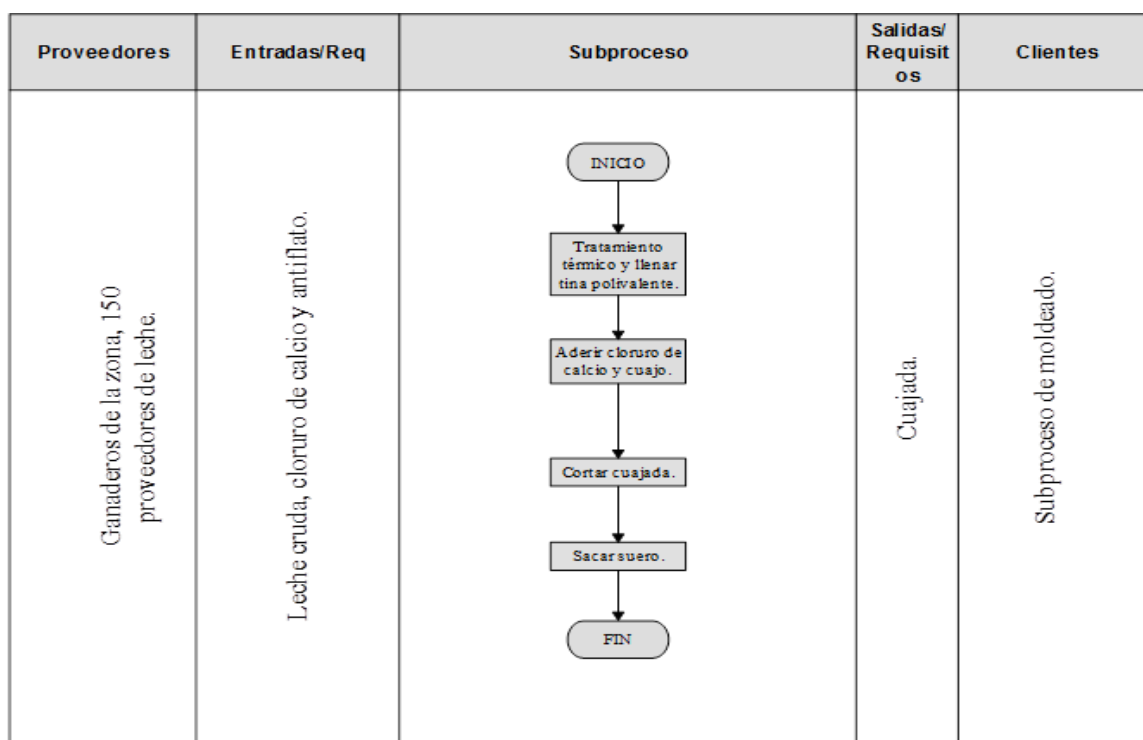


Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de cuajado y desuerado, el tiempo estándar de cada una y las distancias.

Figura 9: Diagrama SIPOC del subproceso de cuajado y desuerado.



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica el flujo de las actividades que se realizan en el subproceso de cuajado y desuerado, proveedores, entradas, salidas y clientes que viene a ser el siguiente subproceso.

2.2.4.2 Diagrama del subproceso de moldeado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 9: Cálculo del número de observaciones para las actividades de moldeado.

OBSERVACIONES (min).														
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
Colocar bandeja en la dosificadora, poner cuajada en moldes, retirar y llevar a mesa de trabajo.	22	23	25	19	20	22	23	23	22	24	0.14	0.02	5%	20
Colocar tela lienzo y poner el queso en el molde, cubrir totalmente, llevar a la prensa, colocar tacos a cada unidad, abastecer y activar la prensa.	37	35	40	38	35	37	39	39	36	38	0.07	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar en la primera y segunda actividad del moldeado es necesario realizar 20 y 15 observaciones respectivamente (ver anexo 14).

Tabla 10: Cálculo del factor de valoración (moldeado).

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad.	C2	+0.03
Esfuerzo.	C2	+0.02
Condiciones.	C	+0.02
Consistencia.	C	+0.01
TOTAL.		+0.08
Factor de valoración (FV).		1.08

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo del factor de valoración se utilizó el método de Westinghouse (ver anexo 11), como resultado se obtuvo +0.08%. La cantidad obtenida se suma o se resta a 1, dependiendo del signo que se obtenga.















Tabla 11: Cálculo de suplementos (moldeado).

Suplementos (hombre).	
Factor.	Porcentaje (%).
Nivel de ruido.	2
Tolerancia por fatiga.	4
Trabajar de pie.	2
Necesidades personales.	5
Total suplementos.	13

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo de suplementos se utilizó la tabla del sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales (ver anexo 12), como resultado se obtuvo suplementos del 13%.

Figura 10: Diagrama del subproceso de moldeado.

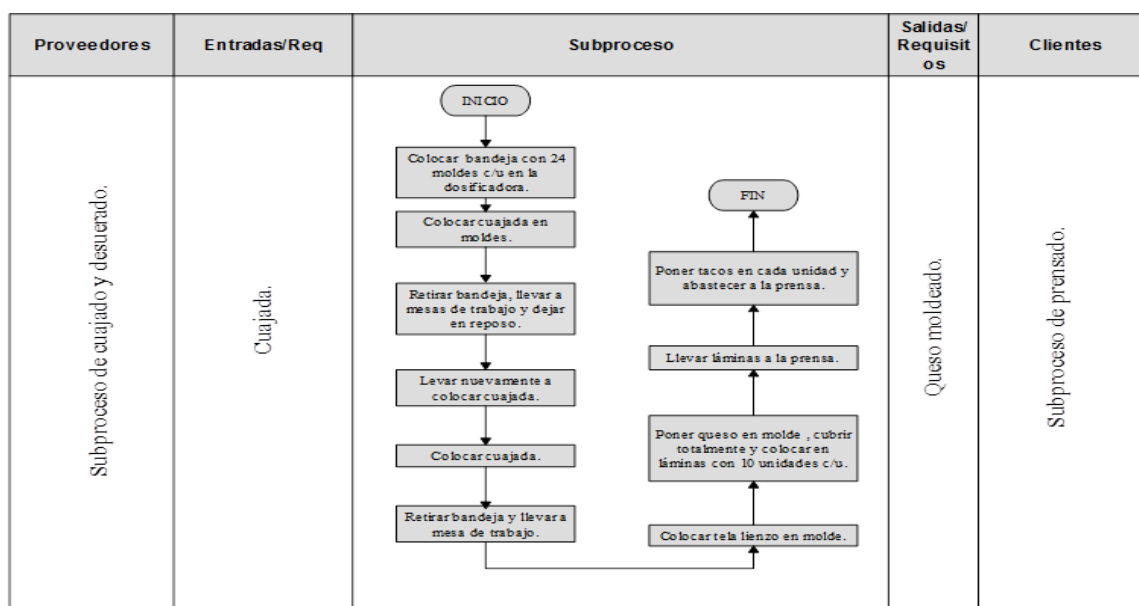
Descripción de actividades-Subproceso de moldeado.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Colocar bandeja en la dosificadora, poner cuajada en moldes, retirar y llevar a mesa de trabajo.						5.75	1.08	0.13	22.25	27.15
Colocar tela lienzo y poner el queso en el molde, cubrir totalmente, llevar a la prensa, colocar tacos a cada unidad, abastecer y activar la prensa.						1	1.08	0.13	37.53	45.80
TOTAL	2	2				6.75			59.78	72.96
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.	Significado.			
	Operación.									
	Transporte.					FV	Factor de valoración.			
	Demora.					s	Suplementos.			
	Inspección.					To	Tiempo observado.			
	Almacenamiento.					Ts	Tiempo estándar.			

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de moldeado, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 14).

Figura 11: Diagrama SIPOC del subproceso de moldeado.



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica el flujo de las actividades que se realizan en el subproceso de moldeado, proveedores, entradas, salidas y clientes que viene a ser el siguiente subproceso.

2.2.4.3 Diagrama del subproceso de prensado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 12: Cálculo del número de observaciones para la actividad de prensado.

OBSERVACIONES (min).														
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
Prensar los quesos	71	75	70	80	70	72	75	76	74	80	0.07	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar en la actividad de prensar los quesos es necesario realizar 15 observaciones (ver anexo 15).

Tabla 13: Cálculo del factor de valoración (prensado).

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad.	C2	+0.03
Esfuerzo.	C2	+0.02
Condiciones.	C	+0.02
Consistencia.	C	+0.01
TOTAL.		+0.08
Factor de valoración (FV).		1.08

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo del factor de valoración se utilizó el método de Westinghouse (ver anexo 11), como resultado se obtuvo +0.08%. La cantidad obtenida se suma o se resta a 1, dependiendo del signo que se obtenga.













Tabla 14: Cálculo de suplementos (prensado).

Suplementos (hombre).	
Factor.	Porcentaje (%).
Nivel de ruido.	2
Tolerancia por fatiga.	4
Trabajar de pie.	2
Necesidades personales.	5
Total suplementos.	13

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo de suplementos se utilizó la tabla del sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales (ver anexo 12), como resultado se obtuvo suplementos del 13%.

Figura 12: Diagrama del subproceso de prensado.

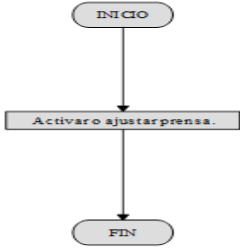
Descripción de actividades-Subproceso de prensado.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Prensar los quesos							1.08	0.13	75.27	91.86
TOTAL	1			1					75.27	91.86
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.		Significado.		
	Operación.									
	Transporte.					FV		Factor de valoración.		
	Demora.					s		Suplementos.		
	Inspección.					To		Tiempo observado.		
	Almacenamiento.					Ts		Tiempo estándar.		

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de prensado, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 15).

Figura 13: Diagrama SIPOC del subproceso de prensado.

Proveedores	Entradas/Req	Subproceso	Salidas/Requisitos	Clientes
Subproceso de moldeado.	Queso moldeado.		Queso prensado.	Subproceso de desmoldeado.

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica el flujo de las actividades que se realizan en el subproceso de prensado, proveedores, entradas, salidas y clientes que viene a ser el siguiente subproceso.

2.2.4.4 Diagrama del subproceso de desmoldeado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 15: Cálculo del número de observaciones para la actividad de desmoldeado.

OBSERVACIONES (min).														
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
Rtirar láminas de las maquinas de prensado y colocar los quesos en las mesas de trabajo, retirar tela lienzo y molde, colocar los quesos en kavetas y llevar al saladero.	30	33	32	33	30	29	31	33	31	30	0.06	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar en la actividad de desmoldeado es necesario realizar 15 observaciones (ver anexo 16).

Tabla 16: Cálculo del factor de valoración (desmoldeado).

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad.	C2	+0.03
Esfuerzo.	C2	+0.02
Condiciones.	C	+0.02
Consistencia.	C	+0.01
TOTAL.		+0.08
Factor de valoración (FV).		1.08

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo del factor de valoración se utilizó el método de Westinghouse (ver anexo 11), como resultado se obtuvo +0.08%. La cantidad obtenida se suma o se resta a 1, dependiendo del signo que se obtenga.






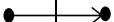





Tabla 17: Cálculo de suplementos (desmoldeado).

Suplementos (hombre).	
Factor.	Porcentaje (%).
Nivel de ruido.	2
Tolerancia por fatiga.	4
Trabajar de pie.	2
Necesidades personales.	5
Total suplementos.	13

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo de suplementos se utilizó la tabla del sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales (ver anexo 12), como resultado se obtuvo suplementos del 13%.

Figura 14: Diagrama del subproceso de desmoldeado.

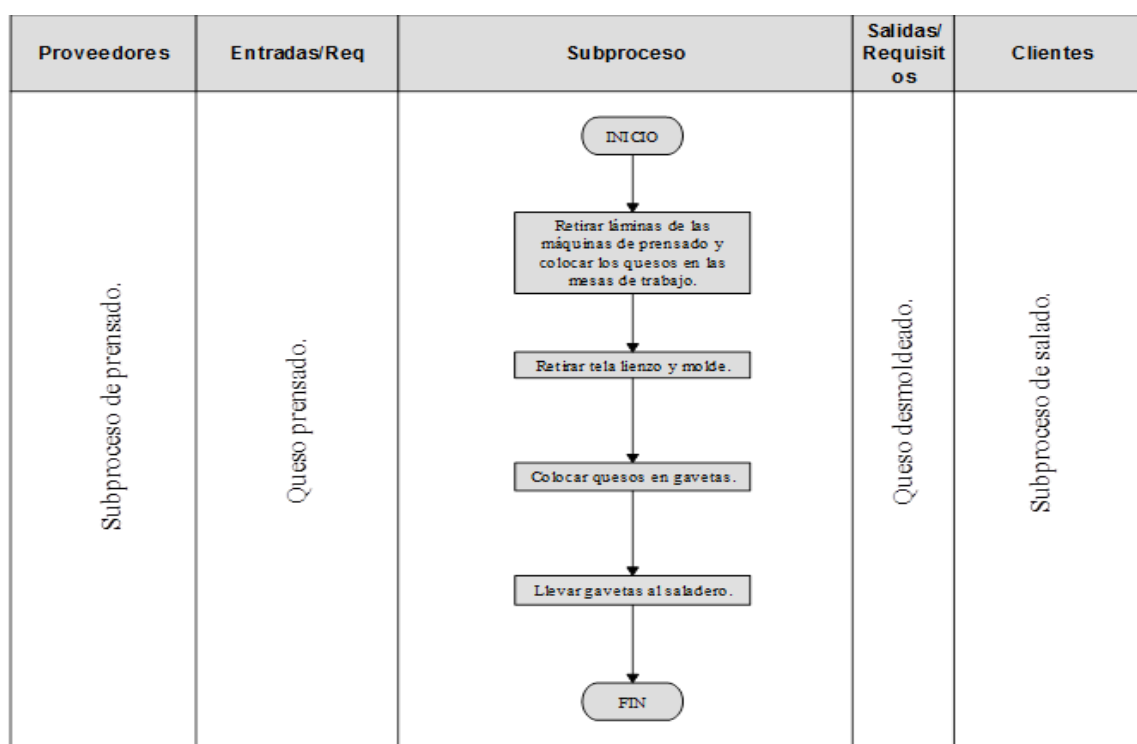
Descripción de actividades-Subproceso de desmoldeado.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Rtirar láminas de las maquinas de prensado y colocar los quesos en las mesas de trabajo, retirar tela lienzo y molde, colocar los quesos en kavetas y llevar al saladero.						6	1.08	0.13	31.6	38.56
TOTAL	1	1				6			31.6	38.56
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.	Significado.			
	Operación.									
	Transporte.					FV	Factor de valoración.			
	Demora.					s	Suplementos.			
	Inspección.					To	Tiempo observado.			
	Almacenamiento.					Ts	Tiempo estándar.			

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de desmoldeado, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 16).

Figura 15: Diagrama SIPOC del subproceso de desmoldeado.



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica el flujo de las actividades que se realizan en el subproceso de desmoldeado, proveedores, entradas, salidas y clientes que viene a ser el siguiente subproceso.

2.2.4.5 Diagrama del subproceso de salado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 18: Cálculo del número de observaciones para la actividad de salado.

OBSERVACIONES (min).														
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
Dejar el queso en reposo	160	150	155	164	163	165	154	159	160	163	0.05	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar en la actividad de salado es necesario realizar 15 observaciones (ver anexo 17).

Tabla 19: Cálculo del factor de valoración (salado).

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad.	C2	+0.03
Esfuerzo.	C2	+0.02
Condiciones.	C	+0.02
Consistencia.	C	+0.01
TOTAL.		+0.08
Factor de valoración (FV).		1.08

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo del factor de valoración se utilizó el método de Westinghouse (ver anexo 11), como resultado se obtuvo +0.08%. La cantidad obtenida se suma o se resta a 1, dependiendo del signo que se obtenga.











Tabla 20: Cálculo de suplementos (salado).

Suplementos (hombre).	
Factor.	Porcentaje (%).
Nivel de ruido.	2
Tolerancia por fatiga.	4
Trabajar de pie.	2
Necesidades personales.	5
Total suplementos.	13

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo de suplementos se utilizó la tabla del sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales (ver anexo 12), como resultado se obtuvo suplementos del 13%.

Figura 16: Diagrama del subproceso de salado.

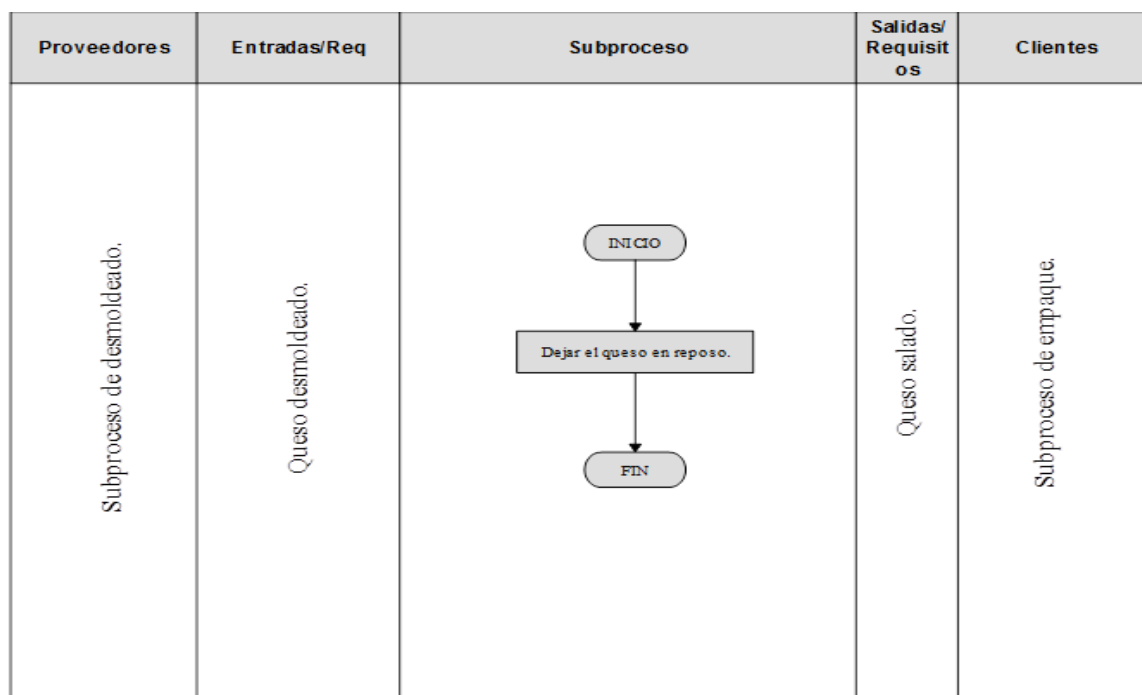
Descripción de actividades-Subproceso de salado.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Dejar el queso en reposo.	●						1.08	0.13	159.8	195.02
TOTAL	1								159.8	195.02
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.	Significado.			
	Operación.									
	Transporte.					FV	Factor de valoración.			
	Demora.					s	Suplementos.			
	Inspección.					To	Tiempo observado.			
	Almacenamiento.					Ts	Tiempo estándar.			

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de salado, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 17).

Figura 17: Diagrama SIPOC del subproceso de salado.



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica el flujo de las actividades que se realizan en el subproceso de salado, proveedores, entradas, salidas y clientes que viene a ser el siguiente subproceso.

2.2.4.6 Diagrama del subproceso de empaque en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 21: Cálculo del número de observaciones para las actividades de empaque.

Actividad	OBSERVACIONES (min).										B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Retirar los quesos del saladero y trasladar al área de empaque.	30	28	33	30	30	31	33	29	33	30	0.08	0.02	5%	15
Colocar queso dentro de la funda.	78	80	84	80	83	85	83	80	79	83	0.04	0.02	5%	15
Colocar el producto en máquina y sellar al vacío.	28	30	33	33	30	28	30	31	30	31	0.08	0.02	5%	15
Esperar a que la máquina selle.	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	0.00	0.02	5%	1
Sacar el producto de la máquina y colocar en kavetas.	10	13	10	11	12	12	10	10	10	12	0.13	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar de las actividades de empaque es necesario realizar 15 observaciones para cada actividad (ver anexo 18), en la cuarta actividad el tiempo es fijo ya que este es el de la máquina.

Tabla 22: Cálculo del factor de valoración (empaque).

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad.	C2	+0.03
Esfuerzo.	C2	+0.02
Condiciones.	C	+0.02
Consistencia.	C	+0.01
TOTAL.		+0.08
Factor de valoración (FV).		1.08

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo del factor de valoración se utilizó el método de Westinghouse (ver anexo 11), como resultado se obtuvo +0.08%. La cantidad obtenida se suma o se resta a 1, dependiendo del signo que se obtenga.
















Tabla 23: Cálculo de suplementos (empaques).

Suplementos (hombre).	
Factor.	Porcentaje (%).
Nivel de ruido.	2
Tolerancia por fatiga.	4
Trabajar de pie.	2
Necesidades personales.	5
Total suplementos.	13

Elaborado por: Jácome Enver.

Para el cálculo de suplementos se utilizó la tabla del sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales (ver anexo 12), como resultado se obtuvo suplementos del 13%.

Figura 18: Diagrama del subproceso de empaque.

Descripción de actividades-Subproceso de empaque.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Retirar los quesos del saladero y trasladar al área de empaque.						10	1.08	0.13	31.2	38.08
Colocar queso dentro de la funda.							1.08	0.13	81.67	99.67
Colocar el producto en máquina y sellar al vacío.							1.08	0.13	30.73	37.50
Esperar a que la máquina selle.							1.08	0.13	102	124.48
Sacar el producto de la máquina y colocar en kavetas.							1.08	0.13	11.13	13.58
TOTAL	5	1				10			256.73	313.31
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.	Significado.			
	Operación.									
	Transporte.					FV	Factor de valoración.			
	Demora.					s	Suplementos.			
	Inspección.					To	Tiempo observado.			
	Almacenamiento.					Ts	Tiempo estándar.			

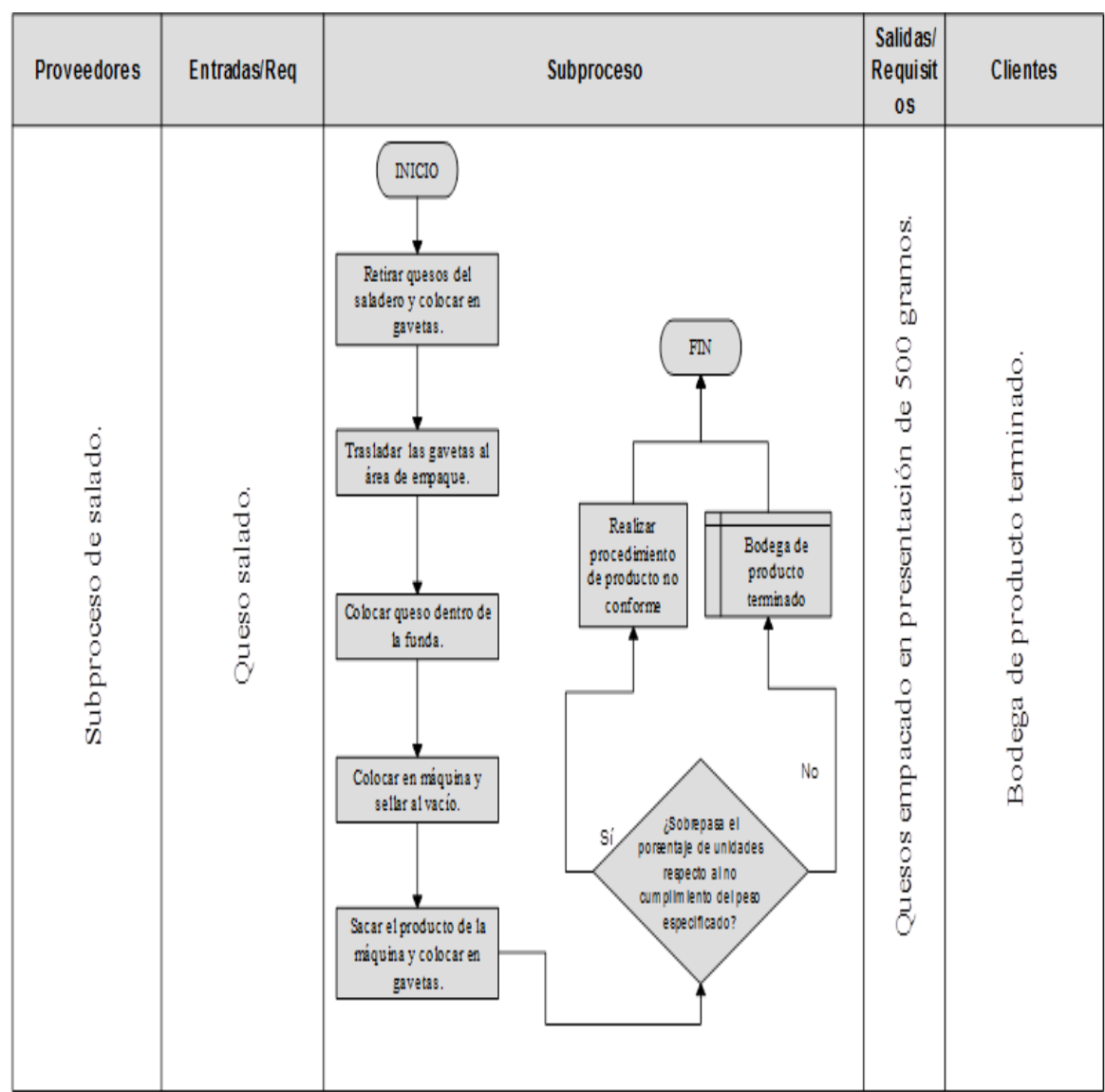
Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de empaque, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El

tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 18).

Figura 19: Diagrama SIPOC del subproceso de empaque.



Fuente: INPROLAC S.A

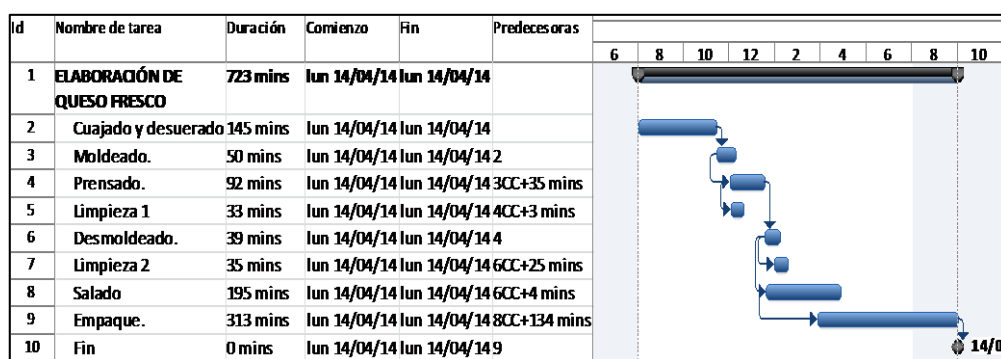
Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica el flujo de las actividades que se realizan en el subproceso de empaque, proveedores, entradas, salidas y clientes que viene a ser el siguiente subproceso.

2.3 Tiempo de producción actual.

A continuación se muestra el diagrama de Gantt del proceso de elaboración de queso fresco de 500 g.

Figura 20: Diagrama de Gantt.



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica los subprocesos y predecesoras de cada uno de ellos, el tiempo ingresado en cada actividad es el tiempo estándar calculado en el análisis actual, se observa como algunos de los subprocesos se desarrollan mientras otros aún no finalizan.

El tiempo total de producción promedio de un lote es de 723 minutos en los cuales se producen 1392 unidades.

2.4 Indicadores de productividad.

2.4.1 Productividad monofactorial y multifactorial.

Para el cálculo de productividad se utiliza los datos obtenidos del diagrama de Gantt (Figura 20) y los datos de producción de un lote (Tabla 6).

Tabla 24: Productividad monofactorial y multifactorial.

PRODUCTIVIDAD MONOFACTORIAL		
Variables	Valor	
Unidades producidas por lote.	1392	
Horas de trabajo por lote.	12.05	
Salario del trabajador por hora (\$).	2.125	
Número de trabajadores.	9	
Costo de mano de obra por lote (\$).	230.45625	
Litros de leche procesados.	5000	
Costo por cada litro de leche (\$).	0.42	
Costo de materia prima por lote (\$).	2100	
Productividad monofactorial (unidades por dólar)	$\frac{\text{Unidades producidas por lote}}{\text{Costo mano de obra por lote}}$	6.04
Productividad multifactorial (unidades por dólar)	$\frac{\text{Unidades producidas por lote}}{\text{Costo mano de obra} + \text{Costo de materia prima}}$	0.597

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

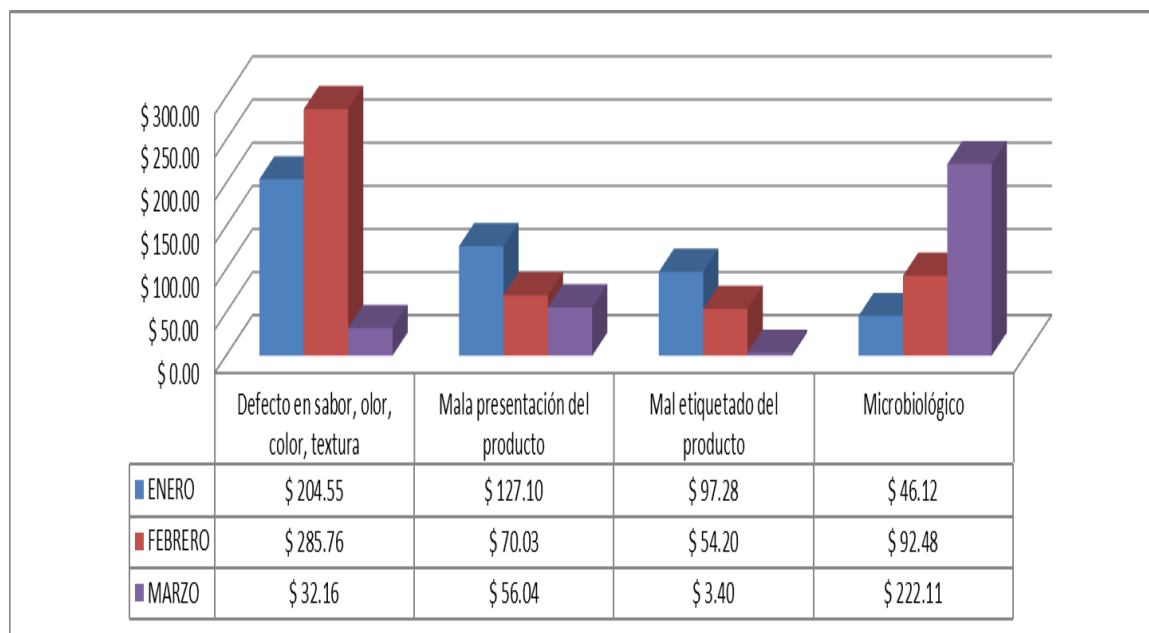
Interpretación: Para el cálculo de productividad monofactorial se utilizó el número de unidades producidas y el costo de mano de obra por lote. El resultado fue de 6.04 unidades por dólar.

Para el cálculo de productividad multifactorial se utilizó el número de unidades producidas y el costo de mano de obra y materia prima. El resultado fue 0.597 unidades por dólar.

2.5 Determinación de los requisitos del cliente.

Para determinar los requisitos de los clientes se utiliza los datos históricos pérdidas económicas por no conformidades y quejas de los meses de diciembre enero, febrero y marzo.

Gráfico 2: Pérdidas económicas generadas por no conformidades.



Fuente: INPROLAC S.A

Por problemas de sabor, olor, color y textura la empresa genera 522.47\$ de pérdidas en los primeros tres meses del año 2014.

La variable que influye en estos requisitos es la humedad ya que esta es la que determina el sabor, olor y textura del queso.

Las variables a estudiar serán humedad y peso. La decisión de tomar en cuenta el peso del queso fue porque la empresa requiere datos sobre pérdidas económicas generadas por sobredosificación ya que no cuenta con esta información.

2.6 Índices de capacidad.

2.6.1 Capacidad del proceso actual respecto al peso del queso de 500 g.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de índices de capacidad y tamaño de muestra fueron extraídas de los libros de (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009) y (García Criollo, 2005). Ver anexo 10.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizará un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95% y un valor de $p=0,5$. Las mediciones se las realizará en un lote del cual se conoce el número de unidades producidas que es de 1392.

Fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra (Población finita).

$$n = \frac{N(Z_{\alpha/2})^2 p(1-p)}{(N-1)E^2 + (Z_{\alpha/2})^2 p(1-p)}$$

Donde:

- $N = 1392$
- $Z_{\alpha/2}$
- $p = 0.5$
- $E = 0.05$

$$n = \frac{1392(1.96)^2 0.5(1-0.5)}{(1392-1)0.05^2 + (1.96)^2 0.5(1-0.5)}$$

$n = 301$ unidades (Tamaño de la muestra).

$n' = 3$ (Tamaño del subgrupo).

$$k = \frac{n}{n'} = \frac{301}{3} = 100.33 \approx 100 \text{ (Número de muestras).}$$

Las muestras serán tomadas durante el subproceso de empaque el cual tiene un tiempo de 314 minutos por lote, por lo tanto a continuación se calcula cada que tiempo se debe tomar una de ellas:

Frecuencia para el levantamiento de cada muestra = $\frac{314 \text{ (minutos)}}{100 \text{ (muestras)}} = 3.14 \approx 3$, es decir, cada 3 minutos se procederá al levantamiento de una muestra hasta completar el total ya calculado anteriormente (100 muestras).

Especificaciones establecidas en base a la norma INEN 483:

Especificación superior 510 (g).

Valor nominal 500 (g).

Especificación inferior 490 (g).

Tabla 25: Datos de muestreo (variable peso).

DATOS DE MUESTREO (VARIBLE PESO)					
N° DE MUESTRA.	OBSERVACIONES (PESO KG).			RANGO (R).	MEDIA (X).
	1	2	3		
1	539.8	565.1	533.8	31.3	546.23
2	534.7	531.8	564.4	32.6	543.63
3	518.8	527.1	536.0	17.2	527.30
4	559.9	569.4	567.2	9.5	565.50
5	537.9	528.9	525.9	12	530.90
6	537.6	527.6	533.5	10	532.90
7	531.6	537.4	536.1	5.8	535.03
8	546.7	560.0	556.3	13.3	554.33
9	544.1	554.2	566.6	22.5	554.97
10	532.7	572.5	563.5	39.8	556.23
11	532.8	524.9	548.7	23.8	535.47
12	555.8	535.9	487.0	68.8	526.23
13	562.5	532.8	552.0	29.7	549.10
14	576.4	569.4	552.7	23.7	566.17
15	542.3	532.5	566.7	34.2	547.17
16	522.0	543.4	553.9	31.9	539.77
17	556.3	550.0	566.0	16	557.43
18	549.1	517.4	523.3	31.7	529.93
19	580.3	582.5	553.7	28.8	572.17
20	548.8	517.8	546.6	31	537.73
21	528.2	566.2	542.3	38	545.57

22	567.0	557.4	523.9	43.1	549.43
23	557.0	525.4	579.5	54.1	553.97
24	572.2	566.6	533.9	38.3	557.57
25	527.7	530.3	580.5	52.8	546.17
26	551.0	568.8	533.6	35.2	551.13
27	571.5	591.2	516.6	74.6	559.77
28	551.0	540.8	532.7	18.3	541.50
29	555.3	528.1	519.1	36.2	534.17
30	545.4	554.0	529.3	24.7	542.90
31	553.7	529.4	553.7	24.3	545.60
32	555.7	580.1	530.5	49.6	555.43
33	517.2	575.2	547.2	58	546.53
34	554.1	534.8	556.2	21.4	548.37
35	557.5	567.2	558.0	9.7	560.90
36	534.0	567.9	514.3	53.6	538.73
37	562.3	527.0	555.7	35.3	548.33
38	531.7	554.2	564.1	32.4	550.00
39	557.3	540.3	552.4	17	550.00
40	524.9	551.5	520.9	30.6	532.43
41	574.8	532.0	554.8	42.8	553.87
42	530.0	531.2	572.0	42	544.40
43	547.6	558.4	551.4	10.8	552.47
44	560.5	572.3	574.9	14.4	569.23
45	516.9	524.5	548.2	31.3	529.87
46	551.5	554.9	547.8	7.1	551.40
47	537.6	613.8	554.0	76.2	568.47
48	555.7	536.6	561.4	24.8	551.23
49	590.9	539.4	575.0	51.5	568.43
50	538.6	546.1	563.7	25.1	549.47
51	516.9	538.5	568.5	51.6	541.30
52	516.9	557.8	535.8	40.9	536.83

53	537.1	516.3	535.0	20.8	529.47
54	551.6	559.7	543.6	16.1	551.63
55	528.9	535.1	535.7	6.8	533.23
56	554.3	563.1	559.5	8.8	558.97
57	543.2	524.0	567.7	43.7	544.97
58	546.7	539.6	566.0	26.4	550.77
59	525.3	561.7	551.2	36.4	546.07
60	542.6	542.7	549.1	6.5	544.80
61	515.6	546.4	594.1	78.5	552.03
62	588.0	526.0	546.0	62	553.33
63	535.4	552.6	571.0	35.6	553.00
64	521.8	532.8	569.6	47.8	541.40
65	583.8	576.8	550.4	33.4	570.33
66	579.7	574.7	553.3	26.4	569.23
67	574.5	529.7	557.9	44.8	554.03
68	530.6	551.3	518.7	32.6	533.53
69	564.8	483.1	541.6	81.7	529.83
70	548.5	577.3	532.7	44.6	552.83
71	548.0	554.1	539.9	14.2	547.33
72	554.4	536.9	542.4	17.5	544.57
73	558.9	561.0	522.3	38.7	547.40
74	537.3	575.2	558.5	37.9	557.00
75	551.8	549.0	565.7	16.7	555.50
76	529.9	551.6	564.7	34.8	548.73
77	575.9	583.7	575.2	8.5	578.27
78	550.2	553.2	574.5	24.3	559.30
79	579.5	557.7	529.1	50.4	555.43
80	574.3	518.5	551.0	55.8	547.93
81	530.4	565.0	582.9	52.5	559.43
82	541.4	549.9	531.0	18.9	540.77
83	536.2	541.1	531.1	10	536.13

84	534.2	513.0	530.5	21.2	525.90
85	559.9	536.6	536.1	23.8	544.20
86	535.5	556.7	578.7	43.2	556.97
87	558.3	547.9	549.3	10.4	551.83
88	551.1	546.6	546.9	4.5	548.20
89	544.5	547.1	556.3	11.8	549.30
90	519.4	555.8	527.3	36.4	534.17
91	556.3	527.2	568.6	41.4	550.70
92	543.1	556.7	535.7	21	545.17
93	525.7	525.9	546.7	21	532.77
94	563.9	525.6	556.1	38.3	548.53
95	516.6	546.0	541.7	29.4	534.77
96	577.1	553.5	580.0	26.5	570.20
97	548.4	577.2	576.3	28.8	567.30
98	513.6	562.5	541.6	48.9	539.23
99	555.2	542.2	570.5	28.3	555.97
100	503.2	571.0	554.2	67.8	542.80
SUMATORIA.			164486.8		
MEDIA (Muestral \bar{X}).			548.29		
MEDIA DE LAS MEDIAS ($\bar{\bar{X}}$)			548.29		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S).			19.23		
CONSTANTE d_2			1.693		
RANGO PROMEDIO (\bar{R})			32.151		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ).			18.99		
LÍMITES REALES DEL PROCESO					
Considerando un intervalo de tolerancia de $\alpha=0.05$, donde el valor del punto crítico $Z_{\alpha/2}= 1.96$					
N			300		
$Z_{\alpha/2}$			1.96		
LRS (Límite real superior).			585.99		
LRI (Límite real inferior).			510.592		

LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN	
Especificación superior.	510
Valor nominal.	500
Especificación inferior.	490
ÍNDICES DE CAPACIDAD (CORTO PLAZO)	
\hat{C}_p	0.18
\hat{C}_{ps}	-0.67
\hat{C}_{pi}	1.02
\hat{C}_{pk}	-0.67
\hat{C}_{pm}	0.06
K	482.89
ÍNDICES DE CAPACIDAD (LARGO PLAZO)	
P_p	0.17
P_{ps}	-0.66
P_{pi}	1.01
P_{pk}	-0.66

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Como resultado se obtuvo que la capacidad potencial (\hat{C}_p) es menor que uno el cual en base a la tabla 5.1 del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009) tiene una clase o categoría 4 lo que significa que no es adecuado para el trabajo y requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.

La capacidad real del proceso no es buena ya que los índices \hat{C}_{pk} y \hat{C}_{pm} son menores que 1, cuando sus valores deberían ser mayores a 1.33.

Según el resultado del índice \hat{C}_p en base a la tabla 5.2 del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009) el porcentaje de productos fuera de especificación es de 58.4583% generando 584583.32 (PPM) fuera de especificaciones.

Según el resultado del índice \hat{C}_{ps} al ser un valor negativo indica que el proceso no cumple con la especificación superior.

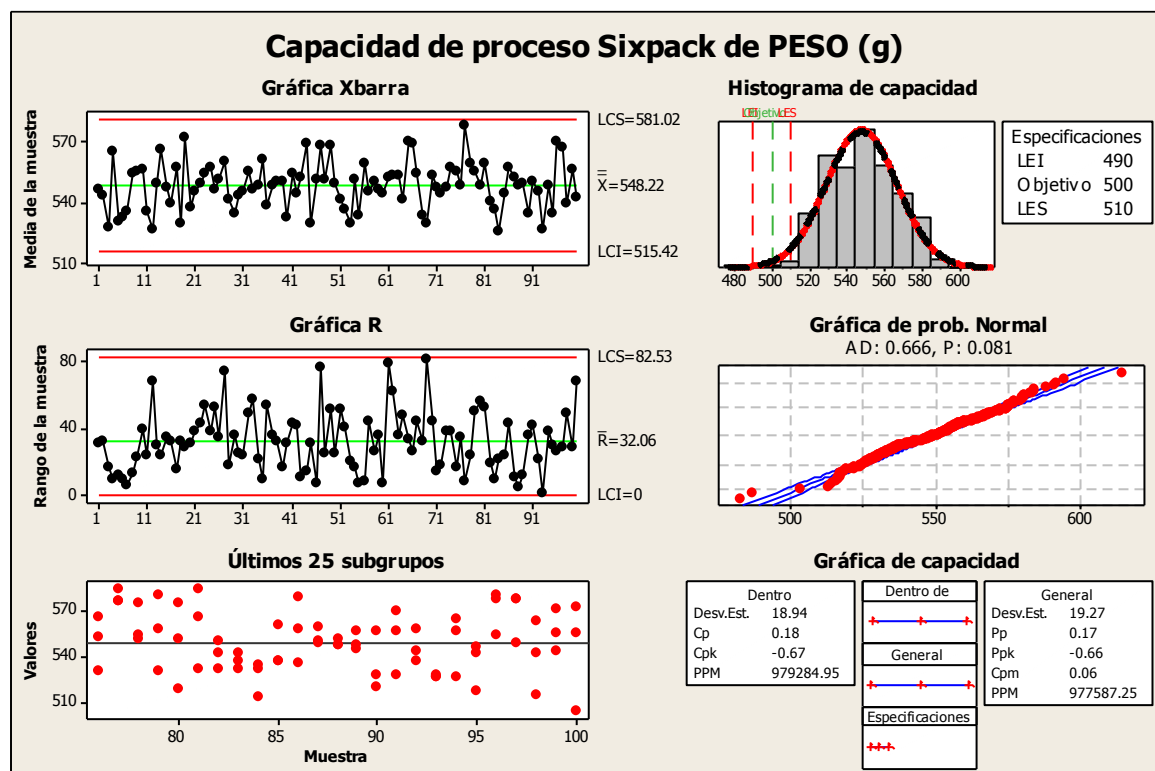
Con respecto al índice \hat{C}_{pi} el porcentaje de productos con menor peso respecto a la especificación inferior es de 0.1176% generando 1176.67 (PPM) fuera de especificaciones.

El índice \hat{C}_{pk} es igual al valor más pequeño entre el índice \hat{C}_{ps} y \hat{C}_{pi} por lo tanto es igual al valor del \hat{C}_{ps} y su interpretación ya se realizó.

El índice K nos indica que la media del proceso está desviada 482.89% a la derecha del valor nominal y esta es la razón por la cual se generen problemas al momento de cumplir con especificaciones.

El nivel de sigma es igual a $3\hat{C}_{pk}$, por lo tanto el valor es de -2.01 sigmas.

Gráfico 3: Capacidad del proceso (variable peso).



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: En el gráfico se observa las cartas de control de medias y rango que indican la variación del proceso más no su capacidad de responder a especificaciones.

El histograma indica la capacidad del proceso ajustada a la curva de distribución normal en el cual se aprecia que el proceso está descentrado a la derecha del valor objetivo razón por la cual los índices de capacidad son menores a uno.

2.6.1.1 Probabilidades (variable peso).

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de probabilidades fueron extraídas del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009). Ver anexo 10.

Tabla 26: Probabilidades (variable peso).

EVENTOS	PROBABILIDAD	%
Probabilidad de que los productos tengan un peso mayor a la especificación superior.	0.978	97.8
Probabilidad de que los pesos de los productos estén dentro de especificaciones.	0.021	2.1
Probabilidad de que los productos tengan un peso mayor al óptimo.	0.99	99
Probabilidad de que los productos tengan un peso menor al óptimo.	0.0055	0.55
Probabilidad de que los productos tengan un peso menor a la especificación inferior.	0.001	0.1

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El cuadro muestra las diferentes probabilidades que tiene cada uno de los eventos, por ejemplo la probabilidad de que los pesos de los productos estén dentro de especificaciones es de 2.1%.

2.6.2 Capacidad del proceso actual respecto al porcentaje de humedad del queso de 500 g.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de índices de capacidad y tamaño de muestra fueron extraídas de los libros de (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009) y (García Criollo, 2005). Ver anexo 10.

Para el cálculo de los índices de capacidad respecto a la variable humedad se utilizará datos históricos correspondientes al mes de febrero y marzo.

El número de datos históricos es de 60 unidades.

Especificaciones establecidas en base a la norma INEN 1528:

Especificación superior 64 (%).

Valor nominal 60 (%).

Especificación inferior 56 (%).

Tabla 27: Datos de muestreo (variable humedad).

DATOS DE MUESTREO (VARIBLE HUMEDAD)-DATOS HISTÓRICOS 02/02/2014-28/03/2014											
Nº	Humedad (%)	Nº	Humedad (%)	Nº	Humedad (%)	Nº	Humedad (%)	Nº	Humedad (%)	Nº	Humedad (%)
1	63.69	11	60.85	21	59.47	31	59.76	41	56.16	51	62.24
2	60.30	12	59.81	22	58.37	32	59.10	42	60.43	52	60.22
3	60.31	13	60.90	23	58.35	33	58.56	43	61.20	53	61.88
4	58.58	14	58.36	24	58.84	34	60.85	44	58.28	54	60.31
5	63.01	15	61.98	25	58.67	35	60.10	45	60.15	55	61.22
6	58.24	16	58.21	26	59.76	36	56.85	46	61.17	56	59.29
7	61.70	17	59.01	27	58.12	37	62.60	47	61.72	57	61.73
8	59.80	18	59.44	28	60.47	38	64.66	48	61.89	58	60.40
9	58.61	19	63.90	29	58.86	39	60.68	49	62.00	59	62.40
10	59.53	20	59.80	30	61.60	40	60.04	50	59.60	60	61.21
SUMATORIA.						3615.24					
MEDIA (Muestral, \bar{X}).						60.25					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S).						1.69					
LÍMITES REALES DEL PROCESO											
Considerando un intervalo de tolerancia de $\alpha=0.05$, donde el valor del punto crítico $Z_{\alpha/2}= 1.96$											
n						60					
$Z_{\alpha/2}$						1.96					
LRS (Límite real superior).						63.57					
LRI (Límite real inferior).						56.94					
LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN											

Especificación superior.	64.0
Valor nominal.	60.0
Especificación inferior.	56.0
ÍNDICES DE CAPACIDAD (CORTO PLAZO)	
\hat{C}_p	0.79
\hat{C}_{ps}	0.74
\hat{C}_{pi}	0.84
\hat{C}_{pk}	0.74
\hat{C}_{pm}	0.78
K	6.35
ÍNDICES DE CAPACIDAD (LARGO PLAZO)	
Pp	0.79
Pps	0.74
Ppi	0.84
Ppk	0.74

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Como resultado se obtuvo que la capacidad potencial (\hat{C}_p) es menor que uno el cual en base a la tabla 5.1 del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009) tiene una clase o categoría 3 lo que significa que es necesario un análisis del proceso y de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.

La capacidad real del proceso no es buena ya que los índices \hat{C}_{pk} y \hat{C}_{pm} son menores que 1, cuando sus valores deberían ser mayores a 1.33.

Según el resultado del índice \hat{C}_p en base a la tabla 5.2 del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009) el porcentaje de productos fuera de especificación es de 1.83284% generando 18328.4237 (PPM) fuera de especificaciones.

Según el resultado del índice \hat{C}_{ps} el porcentaje de productos con más humedad respecto a la especificación superior es de 1.06376% generando 10637.9934 (PPM) fuera de especificación superior.

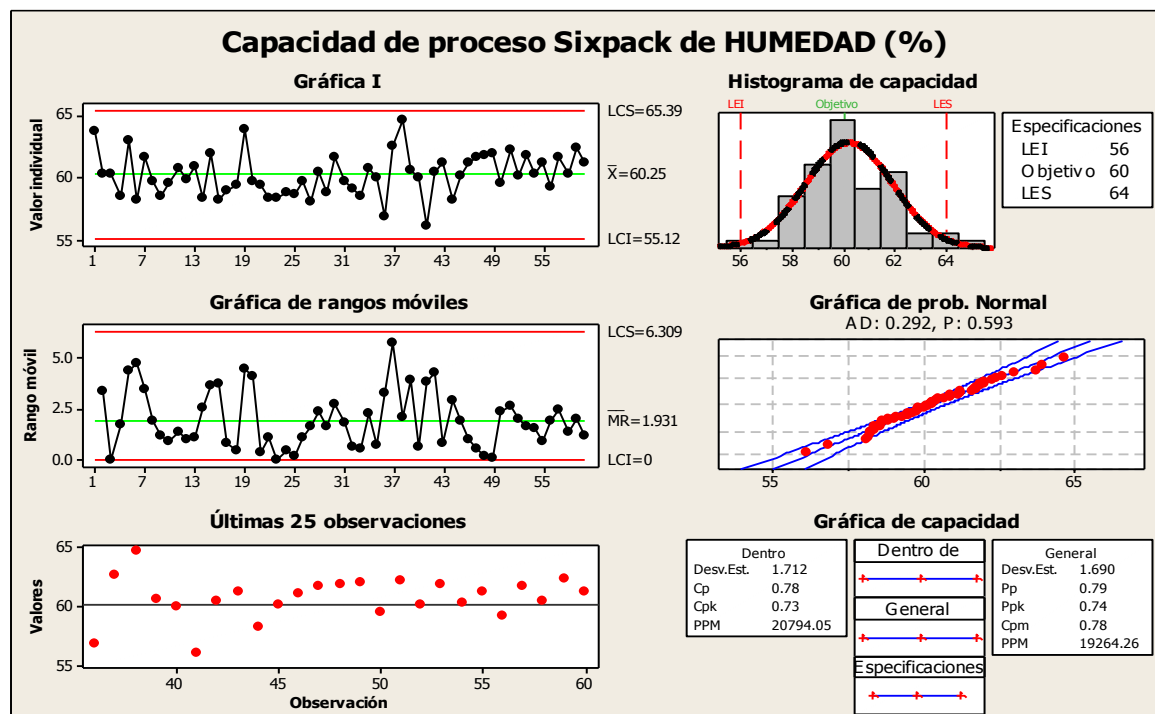
Con respecto al índice \hat{C}_{pi} el porcentaje de productos con menor humedad respecto a la especificación inferior es de 0.63056% generando 6305.3266 (PPM) fuera de especificaciones.

El índice \hat{C}_{pk} es igual al valor más pequeño entre el índice \hat{C}_{ps} y \hat{C}_{pi} por lo tanto es igual al valor del \hat{C}_{ps} y su interpretación ya se realizó.

El índice K nos indica que la media del proceso está desviada 6.35% a la derecha del valor nominal.

El nivel de sigma es igual a $3\hat{C}_{pk}$, por lo tanto el valor es de 2.22 sigmas.

Gráfico 4: Capacidad del proceso (variable humedad).



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: En el gráfico se observa las cartas de control de medias y desviaciones que indican la variación del proceso más no su capacidad de responder a especificaciones.

El histograma indica la capacidad del proceso ajustada a la curva de distribución normal en el cual se aprecia que el proceso está descentrado ligeramente a la derecha del valor objetivo y muestra mucha variabilidad razón por la cual los índices de capacidad son menores a uno.

2.6.2.1 Probabilidades (variable humedad).

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de probabilidades fueron extraídas del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009). Ver anexo 10.

Tabla 28: Probabilidades (variable humedad).

EVENTOS.	PROBABILIDAD.	%
Probabilidad de que los productos tengan un % de humedad mayor a la especificación superior.	0.01	1
Probabilidad de que el % de humedad de los productos este dentro de especificaciones.	0.984	98.4
Probabilidad de que los productos tengan un % de humedad mayor al valor óptimo.	0.56	56
Probabilidad de que los productos tengan un % de humedad menor al valor óptimo.	0.44	44
Probabilidad de que los productos tengan un % de humedad menor a la especificación inferior.	0.006	0.6

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El cuadro muestra las diferentes probabilidades que tiene cada uno de los eventos, por ejemplo la probabilidad de que el % de humedad de los productos estén dentro de especificaciones es del 96.9%.

2.6.3 Resumen de indicadores antes de la implementación de las mejoras.

Tabla 29: Resumen de indicadores (análisis inicial).

CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO.			
VARIABLE PESO.		VARIABLE HUMEDAD.	
Indicador.	Valor.	Indicador.	Valor.
\hat{C}_p .	0.18	\hat{C}_p .	0.79
\hat{C}_{ps} .	-0.67	\hat{C}_{ps} .	0.74
\hat{C}_{pi} .	1.02	\hat{C}_{pi} .	0.84
\hat{C}_{pk} .	-0.67	\hat{C}_{pk} .	0.74
\hat{C}_{pm} .	0.06	\hat{C}_{pm} .	0.78
K.	4.82	K.	0.064
Nivel Sigma.	-2.01	Nivel Sigma.	2.22
Productividad monofactorial (unidades por dólar)		6.04	
Productividad multifactorial (unidades por dólar)		0.597	

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: La tabla muestra el resumen de todos los indicadores actuales de la empresa los mismos que serán comparados con los resultados obtenidos después de la implementación de las mejoras.

2.6.4 Pérdidas económicas generadas por el porcentaje de unidades fuera de especificaciones.

Tabla 30: Pérdidas económicas generadas por sobredosificación.

NÚMERO DE UNIDADES FUERA DE ESPECIFICACIÓN.				
	Unidades producidas por lote.	Litros procesados.	% de unidades fuera de especificación.	Número de unidades fuera de especificación.
Quesos de 500 gramos.	1392	5000	97.8	1361.376
UNIDADES ADICIONALES PRODUCIDAS CON EL EXCESO DE PESO.				
	Peso óptimo.	Exceso de peso por unidad (g).	Exceso de peso total (g).	Unidades adicionales (por lote)
Quesos de 500 gramos.	500	48.29	65740.84704	131.4816941
PÉRDIDAS ECONÓMICAS.				
	Precio unitario (\$)	Pérdida por lote (\$).	Pérdida total mensual (\$).	Pérdida total anual (\$).
Quesos de 500 gramos.	3.4	447.0377599	17881.51039	214578.1247

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El porcentaje de unidades fuera de especificación de los quesos de 500 gramos generan 17881.51039 dólares en pérdidas mensuales ya que sobrepasan el peso de especificación superior.

CAPÍTULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC.

3.1 Fase definir.

3.1.1 Formación del equipo de trabajo.

Tabla 31: Formación del equipo de trabajo.

Nombre.	Cargo en la empresa.	Cargo en el proyecto.
Roberto Cadena.	Director de operaciones.	Champion.
Jorge Almeida.	Responsable del sistema de gestión de calidad.	Master black belt.
Enver Jácome.	Autor del proyecto.	Black belt.

El director de operaciones conformó el equipo de trabajo los cuales fueron capacitados en sus funciones dentro del proyecto DMAMC.

3.1.2 Descripción del problema.

El problema principal de la línea de producción de queso fresco es que los quesos sobrepasan el peso señalado lo cual genera pérdidas económicas de 15 792 dólares mensuales, además existen problemas de variabilidad respecto a las dos variables analizadas.

3.1.3 Objetivo general.

Mejorar la capacidad del proceso y la productividad mediante la implementación de la metodología DMAMC para cumplir con especificaciones del producto.

3.1.4 Objetivos específicos.

- Identificar el problema y las variables críticas de control.
- Medir la capacidad actual del proceso en base al muestreo de datos para determinar la magnitud de las mejoras.
- Analizar la causa raíz para determinar posibles soluciones.
- Implementar mejoras para eliminar o disminuir la causa raíz del problema identificado.

-Realizar controles para mantener las mejoras implementadas.

(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009, pág. 413)

3.1.5 Clientes potenciales.

En orden de volumen de compra los clientes potenciales de DULAC'S son:

-La Favorita.

-Supermercados Santa María.

-Supermercados Tía.

-Mundipan.

-La Baguette.

3.1.6 Variables críticas de control.

Tabla 32: Variables críticas de control.

Variable del producto	Importante para el cliente	Situación actual	Prioridad en el proyecto
Peso	Por ley de la defensa del consumidor.	5	5
Humedad	Apariencia, textura, estabilidad	3	3

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Significado de calificaciones:

Prioridad en el proyecto.

1=Ninguna; 2=Baja; 3=Media; 4=Alta; 5=Muy alta.

Situación actual.

1=Muy malo; 2=Malo; 3=Aceptable; 4=Bueno; 5=Muy bueno.

Interpretación: En base a estadísticas de INPROLAC S.A y al análisis inicial, las variables para aplicar DMAMC son peso y humedad.

3.1.7 Despliegue de la función de calidad.

Tabla 33: Relación de variables críticas de control con los subprocesos de elaboración de queso fresco.

Variables críticas de calidad	Prioridad	Cuajado y desuerado	Moldeado	Prensado	Desmoldeado	Salado	Empaque	Importancia por variable.
Peso	5	1	5	3	1	3	1	19
Humedad	3	3	1	5	1	3	1	17
Importancia		14	28	30	8	24	8	
Importancia relativa		5	9	10	3	8	3	

Elaborado por: Jácome Enver.

Significado de calificaciones:

0=Ninguna relación; 1=Relación débil; 3=Relación fuerte; 5=Relación muy fuerte.

Interpretación: De acuerdo a la tabla 9 de relación de las variables críticas con los subprocesos se tiene como resultado que las mejoras deben estar enfocadas en los subprocesos de moldeado, prensado y salado.

3.2 Fase medir.

Los siguientes datos fueron determinados en el análisis realizado en el capítulo 2, se obtuvo los siguientes resultados.

3.2.1 Indicadores obtenidos del análisis inicial respecto a la variable peso.

Tabla 34: Indicadores de capacidad inicial (variable peso).

CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO.	
VARIABLE PESO.	
Indicador.	Valor.
\hat{C}_p .	0.18
\hat{C}_{ps} .	-0.67
\hat{C}_{pi} .	1.02
\hat{C}_{pk} .	-0.67
\hat{C}_{pm} .	0.06
K.	4.82
Nivel Sigma.	-2.01

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Como resultado se obtuvo un nivel sigma de -2.01 y el índice \hat{C}_p es de 0.18, la capacidad del proceso es mala y genera pérdidas económicas para la empresa.

En base al gráfico 2 se observa que el proceso tiene mucha variabilidad y está descentrado a la derecha, estos indicadores serán comparados después de las mejoras para determinar resultados mediante la implementación del DMAMC.

3.2.2 Indicadores obtenidos del análisis inicial respecto a la variable humedad.

Tabla 35: Indicadores de capacidad inicial (variable humedad).

CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO.	
VARIABLE HUMEDAD.	
Indicador.	Valor.
\hat{C}_p .	0.79
\hat{C}_{ps} .	0.74
\hat{C}_{pi} .	0.84
\hat{C}_{pk} .	0.74
\hat{C}_{pm} .	0.78
K.	0.06
Nivel Sigma.	2.22

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Como resultado se obtuvo un nivel sigma de 2.22 y el índice \hat{C}_p es de 0.79, en base al gráfico 3 se observa que el proceso está centrado aunque

el problema de esta variable es el alto grado de variabilidad y es por esta razón que los índices son menores a 1.

3.2.3 Productividad inicial.

Tabla 36: Productividad inicial.

PRODUCTIVIDAD MONOFACTORIAL		
Productividad monofactorial (unidades por dólar)	$\frac{\text{Unidades producidas por lote}}{\text{Costo mano de obra por lote}}$	6.04
Productividad multifactorial (unidades por dólar)	$\frac{\text{Unidades producidas por lote}}{\text{Costo mano de obra} + \text{Costo de materia prima}}$	0.597

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Actualmente, en función al costo de mano de obra, la empresa produce 6.04 unidades por un dólar.

En base al costo de materia prima y mano de obra la empresa elabora 0.597 unidades por un dólar.

Estos datos serán comparados después de la implementación de las mejoras.

3.2.4 Pérdidas económicas generadas por la sobredosificación.

Actualmente la empresa por problemas de sobredosificación genera pérdidas mensuales de 17881.51039 dólares lo cual causa un impacto negativo en la economía de la empresa.

3.3 Fase analizar.

3.3.1 Los cinco ¿por qué?

¿Por qué los pesos de los quesos sobrepasan el especificado en el producto?

Porque el proceso de moldeado es manual y el tamaño de los moldes no es el adecuado.

¿Por qué el tamaño de los moldes no tiene un tamaño adecuado?

Porque se utiliza el mismo molde para la producción de quesos de 350g y 500g.

¿Por qué el % de humedad de los productos tiene mucha variabilidad?

Porque los tiempos de cuajado, corte, agitación y prensado no siempre se cumplen y esto podría causar variabilidad, además las propiedades de la leche cruda no son las mismas ya que existen diferentes proveedores de materia prima.

¿Por qué no se cumplen los tiempos de cuajado, corte, agitación y de prensado?

Porque los trabajadores se olvidan de tomar el tiempo exacto que deben tener estas etapas.

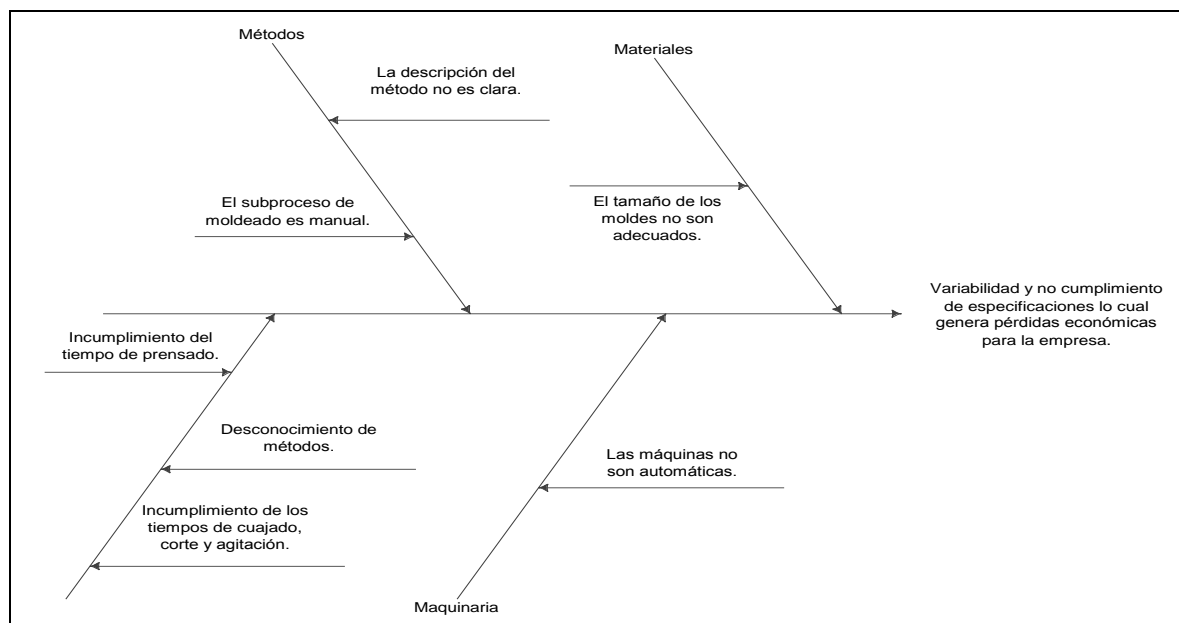
¿Por qué no se controlan los tiempos de cuajado, corte, agitación y de prensado?

Porque no se cuenta con un sistema que alerte a los trabajadores del tiempo en cada una de estas etapas.

3.3.2 Diagrama causa-efecto.

Para la realización del diagrama se determinó las principales causas que generan los problemas de variabilidad y de no cumplimiento de especificaciones de las variables analizadas.

Gráfico 5: Diagrama causa-efecto.



Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: En el diagrama se observa las principales causas que generan variabilidad y no cumplimiento de especificaciones por lo tanto en base a este

diagrama y al conocimiento del proceso las mejoras deberán estar centradas en lo siguiente:

-Tiempo de cuajado, cortado y agitación.

-Moldeado del producto.

-Tiempo de prensado.

-Distribución de planta.

3.3.3 Análisis de modo y efecto de falla (FMEA-Failure Mode Effect Analysis).

El propósito de elaboración de este análisis es identificar las fallas potenciales del proceso a partir de un análisis de frecuencia para implementar acciones de mejora.

Tabla 37: Análisis de modo y efecto de fallas.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS.											
PROYECTO: Implementación de la metodología DMAMC.											
PROCESO: Elaboración de queso fresco.						PRODUCTO AFECTADO: Queso de 500g.					
RESPONSABILIDAD: Departamento del sistema de gestión de calidad.						ELABORADO POR: Jácome Enver.					
Función del proceso.	Modo de falla potencial.	Efectos de la falla potencial.	Gravedad	Causas potenciales	Repetición	Controles actuales del proceso para detección.	Detección	RPN	Medidas recomendadas	Responsable	Fecha de finalización
Moldeado de los quesos.	Proceso manual.	Productos fuera de especificación.	10	Tamaño de moldes inadecuado.	10	Ninguno.	10	1000	Verificar y cambiar el tamaño de los moldes.	INPROL AC S.A.	31-jul-14
				La maquinaria no es automática.	10			1000	Adquirir una dosificadora automática.	INPROL AC S.A.	31-jul-14

Cuajado y prensado de los quesos.	Incumplimiento de tiempos en los subprocesos de cuajado y prensado.	El % de humedad de los quesos tiene mucha variabilidad.	2	Incumplimiento del tiempo de cuajado, corte, agitación.	8	Verificación de tiempos y capacitación a los trabajadores.	6	96	Implementar sistemas poka-yoke.	INPROL AC S.A.	31-jul-14
				Incumplimiento del tiempo de prensado.	8			96	Implementar sistemas poka-yoke.	INPROL AC S.A.	31-jul-14

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Los valores de gravedad, repetición y detección se establecieron en base a las tablas 14.1, 14.2 y 14.3 del libro de (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009).

El valor del NPR (número prioritario de riesgo) tiene un rango de 1 a 1000 y es un indicador de todas las causas de falla. A los valores más altos del NPR (mayores a 80) se les deberá dar mayor prioridad para implementar acciones correctivas.

Conclusión de la fase analizar: Como resultado tenemos que las principales causas son las siguientes:

- Tamaño de los moldes.
- Proceso de moldeado manual.
- Incumplimiento de los tiempos en los subprocesos de cuajado y prensado.

3.4 Fase mejorar.

3.4.1 Soluciones para disminuir o eliminar el porcentaje de unidades fuera de especificaciones.

3.4.1.1 Brainstorming (Lluvia de ideas).

Para la realización de esta herramienta se la realizó en base a las sugerencias del responsable de gestión de calidad.

Posibles alternativas para la solución de variabilidad y de no cumplimiento de especificaciones:

- 1.- Verificar el tamaño de molde y determinar el correcto.
- 2.- Adquirir una dosificadora automática.
- 3.- Sistemas de alerta de los tiempos en los subprocesos de prensado.
- 4.- Planes de control en el subproceso de cuajado.
- 5.- Modificar la distribución de planta para disminuir tiempos y distancias.

3.4.1.2 Matriz de priorización para determinar la mejor solución.

Para determinar la mejor solución se realizaron diferentes matrices las cuales se toma en cuenta criterios como:

Satisfacción del cliente.

Costo de implementación.

Tiempo de implementación.

Y posteriormente se las relacionará con las posibles soluciones.

Tabla 38: Ponderación para criterios y relación con las deferentes soluciones.

PONDERACIÓN	
CRITERIOS	SOLUCIÓN - CRITERIO - SOLUCIÓN
Mucho más importante = 9	Cumple mucho más = 9
Mas importante = 7	Cumple más = 7
Igualmente importante = 5	Cumple igualmente = 5
Menos importante = 3	Cumple menos = 3
Mucho menos importante = 1	Cumple mucho menos = 1

Elaborado por: Jácome Enver.

En la tabla se muestra las diferentes ponderaciones con las cuales se realizará las matrices de priorización.

Tabla 39: Matriz de priorización de criterios.

	Satisfacción del cliente.	Costo de implementación.	Tiempo de implementación.	Sumatoria	Porcentaje (%)
Satisfacción del cliente.		7	7	14	46.66666667
Costo de implementación.	3		7	10	33.33333333
Tiempo de implementación.	3	3		6	20
TOTAL				30	100

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Como resultado de esta matriz se obtuvo que la satisfacción del cliente es el criterio más importante a tomar en cuenta seguido por el costo de implementación.

3.4.1.2.1 Matriz de priorización de alternativa-criterio-alternativa.

A continuación se muestra las matrices en las cuales se relaciona las soluciones con cada uno de los criterios establecidos.

Tabla 40: Criterio COSTO DE IMPLEMENTACIÓN.

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	Verificar el tamaño de molde y determinar el correcto.	Adquirir una dosificadora automática.	Sistemas de alerta de los tiempos en los subprocesos de prensado.	Modificar la distribución de planta para disminuir tiempos y distancias.	Planes de control en el subproceso de cuajado.	Sumatoria	Porcentaje (%)
Verificar el tamaño de molde y determinar el correcto.		1	7	7	7	22	22
Adquirir una dosificadora automática.	9		9	9	9	36	36
Sistemas de alerta de los tiempos en los subprocesos de prensado.	3	1		3	5	12	12
Modificar la distribución de planta para disminuir tiempos y distancias.	3	1	7		7	18	18
Planes de control en el subproceso de cuajado.	3	1	5	3		12	12
TOTAL						100	100

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Como resultado de la matriz se obtuvo que la adquisición de una dosificadora automática tiene una mayor relación con el costo de implementación.

Tabla 41: Criterio TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN.

TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN	Verificar el tamaño de molde y determinar el correcto.	Adquirir una dosificadora automática.	Sistemas de alerta de los tiempos en los subprocesos de prensado.	Modificar la distribución de planta para disminuir tiempos y distancias.	Planes de control en el subproceso de cuajado.	Sumatoria	Porcentaje (%)
Verificar el tamaño de molde y determinar el correcto.		3	9	7	7	26	26
Adquirir una dosificadora automática.	7		9	7	9	32	32
Sistemas de alerta de los tiempos en los subprocesos de prensado.	1	1		3	5	10	10
Modificar la distribución de planta para disminuir tiempos y distancias.	3	3	7		7	20	20
Planes de control en el subproceso de cuajado.	3	1	5	3		12	12
TOTAL						100	100

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Como resultado de la matriz se obtuvo que la adquisición de una dosificadora automática tiene una mayor relación con el tiempo de implementación, esto se debe a que la máquina hay que importarla ya que en el país no se comercializa este tipo de maquinaria.

Tabla 42: Criterio SATISFACCIÓN DEL CLIENTE.

SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	Verificar el tamaño de molde y determinar el correcto.	Adquirir una dosificadora automática.	Sistemas de alerta de los tiempos en los subprocesos de prensado.	Modificar la distribución de planta para disminuir tiempos y distancias.	Planes de control en el subproceso de cuajado.	Sumatoria	Porcentaje (%)
Verificar el tamaño de molde y determinar el correcto.		5	5	9	5	24	24
Adquirir una dosificadora automática.	5		5	9	5	24	24
Sistemas de alerta de los tiempos en los subprocesos de prensado.	5	5		9	5	24	24
Modificar la distribución de planta para disminuir tiempos y distancias.	1	1	1		1	4	4
Planes de control en el subproceso de cuajado.	5	5	5	9		24	24
TOTAL						100	100

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Como resultado de la matriz se obtuvo que únicamente la alternativa de modificar la distribución de planta tiene menor relación con la satisfacción del cliente y esto se debe a que las demás alternativas o soluciones están guiadas a ofertar un mejor producto en beneficio del cliente.

Tabla 43: Matriz final-Relación de todos los criterios con las posibles soluciones.

PORCENTAJES DE CRITERIOS	46.66666667	33.33333333	20	100
	SATISFACCIÓN DEL CLIENTE.	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN.	TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN.	Sumatoria
Verificar el tamaño de molde y determinar el correcto.	24	22	26	23.73333333
Adquirir una dosificadora automática.	24	36	32	29.6
Sistemas de alerta de los tiempos en los subprocesos de prensado.	24	12	10	17.2
Modificar la distribución de planta para disminuir tiempos y distancias.	4	18	20	11.86666667
Planes de control en el subproceso de cuajado.	24	12	12	17.6
TOTAL (%)	100	100	100	100

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: La matriz final indica que la mejor opción para solucionar el problema es la adquisición de la máquina ya que esta permitirá entregar un producto con el peso indicado y que no genere problemas económicos a la empresa, aunque el costo de implementación es muy alto e igualmente el tiempo en que se demoraría dicha compra e implementación.

La segunda mejor opción es verificar el tamaño del molde el cual es menos costoso que adquirir la máquina automática y el tiempo de implementación es igualmente mucho menor. Por lo tanto la decisión que se tomó fue la de verificar el tamaño del molde y determinar el adecuado para cumplir con especificaciones y disminuir pérdidas económicas a la empresa.

Al cambiar el tamaño del molde o su forma se generan también modificaciones en la máquina con la que actualmente se está trabajando y existe la probabilidad de que el proceso cambie en la etapa de moldeado.

La razón por la cual se tomó únicamente esta solución es porque la sobredosificación (sobrepeso) de los quesos es el mayor problema que existe en la línea de producción por lo tanto las mejoras están destinadas a solucionar este problema.

Además para el subproceso de empaque se utilizará una máquina automática que anteriormente se utilizaba para queso mozzarella ya que ahora la forma de los quesos frescos es rectangular.

3.4.1.3 Planificación de la implementación.

Tabla 44: Planificación de mejoras.

PLANIFICACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS				
Modificaciones.	Junio.	Julio.	Agosto.	Encargado.
Adquisición y pruebas de nuevo molde.	X			INPROLAC S.A
Modificaciones a maquinaria y materiales.		X		INPROLAC S.A
Levantamiento y análisis de datos (ensayos).			X	Enver Jácome.

Elaborado por: Jácome Enver.

3.4.1.4 Descripción de las mejoras.

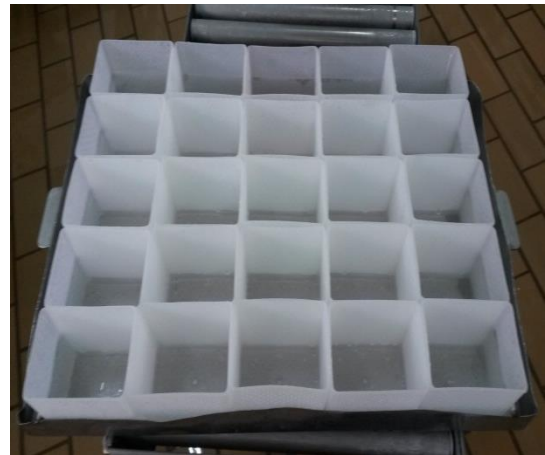
Los cambios que se hicieron para disminuir la sobredosificación se realizaron en la forma y tamaño del molde, maquinaria y materiales necesarios para la elaboración del producto, a continuación se muestra fotografías para visualizar las mejoras ya implementadas en la empresa.

Fotografía 1: Cambio de molde.

ANTES



DESPUÉS



Fuente: INPROLAC S.A

Comentario: Anteriormente una bandeja contenía 24 moldes, con el nuevo molde aumento el número a 25 optimizando de mejor manera este recurso.

Fotografía 2: Cambios en la dosificadora.

ANTES



DESPUÉS



Fuente: INPROLAC S.A

Comentario: En la etapa de moldeo se realizaba doble dosificación, con los nuevos moldes es necesaria una sola dosificación para obtener el queso de 500 gramos.

Fotografía 3: Cambios en materiales.

ANTES



DESPUÉS



Fuente: INPROLAC S.A

Comentario: Los cambios también se los realizaron en los tacos ya que la forma y tamaño de los moldes cambiaron.

Este material cambió totalmente sus dimensiones para así lograr el prensado deseado para mantener la calidad en el producto.

Fotografía 4: Cambios en la presentación final.



Fuente: INPROLAC S.A

Comentario: El empaque cambio totalmente ya que este proceso se lo realiza con una máquina que anteriormente era utilizada para el queso mozzarella con la finalidad de aumentar el porcentaje de utilización de la maquinaria y optimización de recursos.

3.4.1.5 Producción después de las mejoras.

Tabla 45: Producción de un lote después de la implementación de las mejoras.

LOTE 1421523-1421524	
QUESO DE 500 GRAMOS	
Leche procesada (Lt).	5000
Número de bandejas.	59
Número de quesos por bandeja.	25
NÚMERO DE UNIDADES	1475

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.


















Interpretación: En la tabla se observa que después de las mejoras implementadas y con la misma cantidad de materia prima se pueden producir 83 unidades más.

3.4.2 Diagrama de actividades de los subprocesos de la elaboración de queso fresco después de las mejoras y cálculo del tiempo estándar (500 gramos).

3.4.2.1 Diagrama del subproceso de cuajado y desuerado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

En esta etapa del proceso los tiempos de cada actividad se mantienen por lo tanto son los ya calculados en el análisis inicial.

Figura 21: Diagrama de actividades del subproceso de cuajado y desuerado (mejorado).

Descripción de actividades-Subproceso de cuajado y desuerado											
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	To (min)	Ts	
											
Tratamiento térmico y llenar tina polivalente.							1.08	0.13	60	73.22	
Añadir cloruro de calcio.								1.08	0.13	1	1.22
Mezclar.							1.08	0.13	3	3.66	
Añadir cuajo y esperar.							1.08	0.13	30	36.61	
Cortar cuajada.							1.08	0.13	15	18.31	
Sacar suero.							1.08	0.13	10	12.20	
TOTAL	5		1						119	145.23	
Interpretación.											
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.	Significado.				
	Operación.										
	Transporte.					FV	Factor de valoración.				
	Demora.					s	Suplementos.				
	Inspección.					To	Tiempo observado.				
	Almacenamiento.					Ts	Tiempo estándar.				

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de cuajado y desuerado, el tiempo estándar de cada una y las distancias. Los tiempos son los mismos del análisis inicial.

3.4.2.2 Diagrama del subproceso de moldeado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 46: Cálculo del número de observaciones para las actividades de moldeado (mejorado).













Actividad	OBSERVACIONES (min).										B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Colocar bandeja en la dosificadora, poner cuajada en moldes, retirar y llevar a mesa de trabajo.	14	15	13	16	14	15	15	14	13	15	0.10	0.02	5%	15
Colocar tela lienzo y poner el queso en el molde, cubrir totalmente, llevar a la prensa, colocar tacos a cada unidad, abastecer y activar la prensa.	54	60	52	55	60	58	60	55	55	60	0.07	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar en la primera y segunda actividad del moldeado es necesario realizar 15 observaciones (ver anexo 19).

El factor de valoración y los suplementos se mantienen los mismos de la parte inicial.

Figura 22: Diagrama de actividades del subproceso de moldeado (mejorado).

Descripción de actividades-Subproceso de moldeado.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Colocar bandeja en la dosificadora, poner cuajada en moldes, retirar y llevar a mesa de trabajo.						5.75	1.08	0.13	14.33	17.49
Colocar tela lienzo y poner el queso en el molde, cubrir totalmente, llevar a la prensa, colocar tacos a cada unidad, abastecer y activar la prensa.						1	1.08	0.13	57.53	70.21
TOTAL	2	2				6.75			71.86	87.70
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.	Significado.			
	Operación.									
	Transporte.					FV	Factor de valoración.			
	Demora.					s	Suplementos.			
	Inspección.					To	Tiempo observado.			
	Almacenamiento.					Ts	Tiempo estándar.			

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de moldeado, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 19).

3.4.2.3 Diagrama del subproceso de prensado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 47: Cálculo del número de observaciones para la actividad de prensado (mejorado).












OBSERVACIONES (min).														
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
Prensar los quesos	90	95	93	96	95	90	90	95	90	90	0.03	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar en la actividad de prensar los quesos es necesario realizar 15 observaciones (ver anexo 20).

El factor de valoración y los suplementos se mantienen los mismos de la parte inicial.

Figura 23: Diagrama de actividades del subproceso de prensado (mejorado).

Descripción de actividades-Subproceso de prensado.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Prensar los quesos							1.08	0.13	92.13	112.44
TOTAL	1	1							92.13	112.44
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.	Significado.			
	Operación.									
	Transporte.					FV	Factor de valoración.			
	Demora.					s	Suplementos.			
	Inspección.					To	Tiempo observado.			
	Almacenamiento.					Ts	Tiempo estándar.			

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de prensado, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El

tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 20).

3.4.2.4 Diagrama del subproceso de desmoldeado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 48: Cálculo del número de observaciones para la actividad de desmoldeado (mejorado).






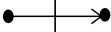





Actividad	OBSERVACIONES (min).										B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Rtirar láminas de las maquinas de prensado y colocar los quesos en las mesas de trabajo, retirar tela lienzo y molde, colocar los quesos en kavetas y llevar al saladero.	55	60	60	50	55	53	53	55	55	60	0.09	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar en la actividad de desmoldeado es necesario realizar 15 observaciones (ver anexo 21).

El factor de valoración y los suplementos se mantienen los mismos de la parte inicial.

Figura 24: Diagrama de actividades del subproceso de desmoldeado (mejorado).

Descripción de actividades-Subproceso de desmoldeado.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Rtirar láminas de las maquinas de prensado y colocar los quesos en las mesas de trabajo, retirar tela lienzo y molde, colocar los quesos en kavetas y llevar al saladero.						6	1.08	0.13	55.93	68.26
TOTAL	1	1				6			55.93	68.26
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.	Significado.			
	Operación.									
	Transporte.					FV	Factor de valoración.			
	Demora.					s	Suplementos.			
	Inspección.					To	Tiempo observado.			
	Almacenamiento.					Ts	Tiempo estándar.			

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de desmoldeado, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El

tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 21).

3.4.2.5 Diagrama del subproceso de salado en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 49: Cálculo del número de observaciones para la actividad de salado (mejorado).











OBSERVACIONES (min).														
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
Dejar el queso en reposo	200	210	190	200	205	200	195	200	210	205	0.05	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar en la actividad de salado es necesario realizar 15 observaciones (ver anexo 22).

El factor de valoración y los suplementos se mantienen los mismos de la parte inicial.

Figura 25: Diagrama de actividades del subproceso de salado (mejorado).

Descripción de actividades-Subproceso de salado.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Dejar el queso en reposo.	●						1.08	0.13	201.33	245.70
TOTAL	1								201.33	245.70
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.		Significado.		
	Operación.									
	Transporte.					FV		Factor de valoración.		
	Demora.					s		Suplementos.		
	Inspección.					To		Tiempo observado.		
	Almacenamiento.					Ts		Tiempo estándar.		

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de salado, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 22).

3.4.2.6 Diagrama del subproceso de empaque en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.

Tabla 50: Cálculo del número de observaciones para las actividades de empaque (mejorado).











OBSERVACIONES (min).														
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B	Riesgo (R)	Error (e)	Observaciones necesarias.
Retirar los quesos del saladero y trasladar al área de empaque.	90	95	85	93	89	90	90	96	95	89	0.06	0.02	5%	15
Empacado (automático).	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	0.00	0.02	5%	1
Etiquetado.	110	100	105	110	110	115	108	110	105	115	0.07	0.02	5%	15
Paletizado	115	120	118	115	120	120	115	117	118	120	0.02	0.02	5%	15

Elaborado por: Jácome Enver.

Para realizar el cálculo del tiempo estándar de las actividades de empaque es necesario realizar 15 observaciones para cada actividad (ver anexo 23), en la segunda actividad el tiempo es fijo ya que este es el de la máquina.

El factor de valoración y los suplementos se mantienen los mismos de la parte inicial.

Figura 26: Diagrama de actividades del subproceso de empaque (mejorado).

Descripción de actividades-Subproceso de empaque.										
Descripción de actividad	Símbolo					Distancia (m)	FV	s	\overline{To} (min)	Ts
										
Retirar los quesos del saladero y trasladar al área de empaque.	●	●				10	1.08	0.13	91.67	111.87
Empacado (automático).	●						1.08	0.13	55	67.12
Etiquetado.	●						1.08	0.13	109.53	133.67
Paletizado	●						1.08	0.13	118.07	144.09
TOTAL	4	1				10			374.27	456.76
Interpretación.										
Símbolo.	Tipo de actividad.					Sigla.		Significado.		
	Operación.									
	Transporte.					FV		Factor de valoración.		
	Demora.					s		Suplementos.		
	Inspección.					To		Tiempo observado.		
	Almacenamiento.					Ts		Tiempo estándar.		

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

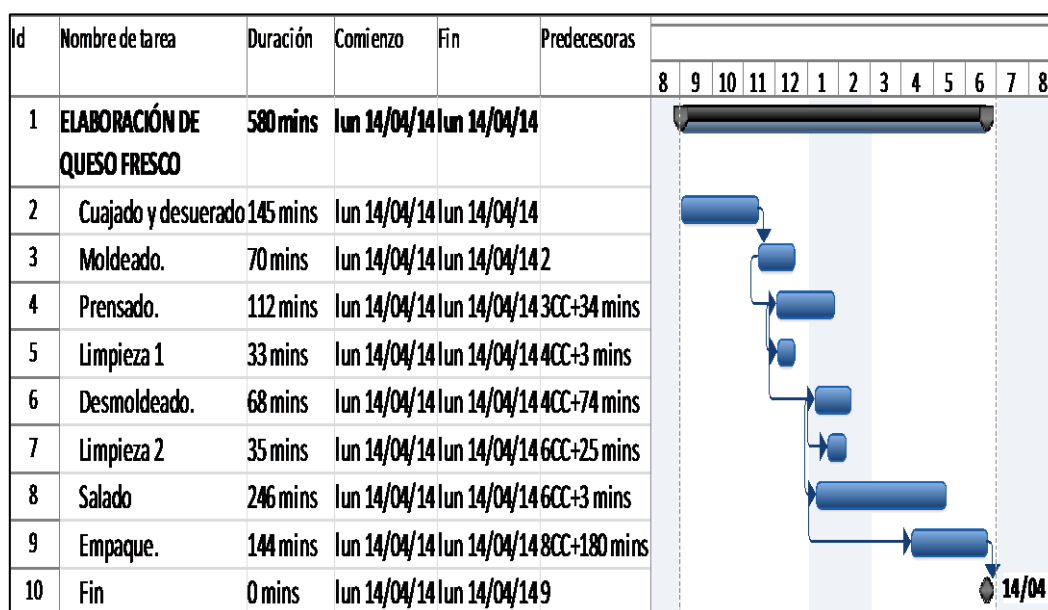
Interpretación: El diagrama indica las actividades que se realizan en el subproceso de empaque, el tiempo estándar de cada una y las distancias. El

tiempo observado es el promedio del número de observaciones anteriormente calculadas (ver anexo 23).

3.4.3 Tiempo de producción (mejorado).

A continuación se muestra el diagrama de Gantt del proceso de elaboración de queso fresco de 500 g.

Figura 27: Diagrama de Gantt del proceso de elaboración de queso fresco 500g (mejorado).



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El diagrama indica los subprocesos y predecesoras de cada uno de ellos, el tiempo ingresado en cada actividad es el tiempo estándar, se observa como algunos de los subprocesos se desarrollan mientras otros aún no finalizan.

El tiempo total de producción de un lote, después de las mejoras, es de 580 minutos en los cuales se producen 1475 unidades, estos datos serán utilizados para el cálculo de productividad.

3.4.4 Indicadores de productividad (mejorado).

3.4.4.1 Productividad monofactorial y multifactorial.

Para el cálculo de productividad se utiliza los datos obtenidos del diagrama de Gantt (Figura 28) y los datos de producción de un lote (Tabla 24).

Tabla 51: Productividad monofactorial y multifactorial (mejorado).

PRODUCTIVIDAD MONOFACTORIAL		
Variables	Valor	
Unidades producidas por lote.	1475	
Horas de trabajo por lote.	9.66	
Salario del trabajador por hora (\$).	2.125	
Número de trabajadores.	9	
Costo de mano de obra por lote (\$).	184.7475	
Litros de leche procesados.	5000	
Costo por cada litro de leche (\$).	0.42	
Costo de materia prima por lote (\$).	2100	
Productividad monofactorial (unidades por dolar)	$\frac{\text{Unidades producidas por lote}}{\text{Costo mano de obra por lote}}$	7.98
Productividad multifactorial (unidades por dolar)	$\frac{\text{Unidades producidas por lote}}{\text{Costo mano de obra} + \text{Costo de materia prima}}$	0.646

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Para el cálculo de productividad monofactorial se utilizó el número de unidades producidas y el costo de mano de obra por lote. El resultado fue de 7.98 unidades por dólar.

Para el cálculo de productividad multifactorial se utilizó el número de unidades producidas y el costo de mano de obra y materia prima. El resultado fue 0.646 unidades por dólar.

3.4.5 Índices de capacidad (quesos de 500g-mejorado).

3.4.5.1 Capacidad actual de proceso (variable peso-mejorado).

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de índices de capacidad y tamaño de muestra fueron extraídas del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009) y (García Criollo, 2005). Ver anexo 10.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizará un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95% y un valor de $p=0,5$. Las mediciones se las realizará en un lote del cual se conoce el número de unidades producidas que es de 1475.

Fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra (Población finita).

$$n = \frac{N(Z_{\alpha/2})^2 p(1-p)}{(N-1)E^2 + (Z_{\alpha/2})^2 p(1-p)}$$

Donde:

- $N = 1475$
- $Z_{\alpha/2}$
- $p = 0.5$
- $E = 0.05$

$$n = \frac{1475(1.96)^2 0.5(1-0.5)}{(1475-1)0.05^2 + (1.96)^2 0.5(1-0.5)}$$

$n = 305$ unidades.

$n = 305$ unidades (Tamaño de la muestra).

$n' = 3$ (Tamaño del subgrupo).

$$k = \frac{n}{n'} = \frac{305}{3} = 101.6 \approx 102 \text{ (Número de muestras).}$$

Las muestras serán tomadas durante el subproceso de empaque el cual tiene un tiempo de 144 minutos por lote, por lo tanto a continuación se calcula cada que tiempo se debe tomar una de ellas:

Frecuencia para el levantamiento de cada muestra = $\frac{144 \text{ (minutos)}}{102 \text{ (muestras)}} = 1.41$, es decir, cada minuto con 25 segundos se procederá al levantamiento de una muestra hasta completar el total ya calculado anteriormente (102 muestras).

Especificaciones establecidas en base a la norma INEN 483:

Especificación superior 510 (g).

Valor nominal 500 (g).

Especificación inferior 490 (g).

Tabla 52: Datos de muestreo (variable peso-mejorado).

DATOS DE MUESTREO (VARIABLE PESO)					
N° DE MUESTRA.	OBSERVACIONES (PESO KG).			RANGO (R).	MEDIA (X).
	1	2	3		
1	505.5	523.7	515.4	18.2	514.87
2	518.5	522.2	509.6	12.6	516.77
3	537.5	532.8	521.2	16.3	530.50
4	507.5	538.6	539.4	31.9	528.50
5	520.3	531.6	511.7	19.9	521.20
6	507.3	522.3	512.5	15	514.03
7	536.2	525.7	513.9	22.3	525.27
8	528.8	523.7	518.5	10.3	523.67
9	519.5	509.8	504.7	14.8	511.33
10	515.6	498.9	510.6	16.7	508.37
11	521.6	512.5	525.3	12.8	519.80
12	499.3	516.9	506.2	17.6	507.47
13	510.8	513.4	518.8	8	514.33
14	535.7	516.0	526.3	19.7	526.00
15	502.4	525.6	500.7	24.9	509.57
16	523.5	515.7	526.2	10.5	521.80
17	518.9	514.4	523.9	9.5	519.07
18	508.3	514.3	525.3	17	515.97
19	528.6	525.9	517.9	10.7	524.13
20	521.6	499.8	512.1	21.8	511.17
21	525.2	502.5	516.1	22.7	514.60
22	523.6	517.2	498.9	24.7	513.23
23	511.4	502.3	517.9	15.6	510.53
24	514.5	513.5	504.4	10.1	510.80
25	511.4	522.9	531.3	19.9	521.87
26	519.6	527.5	531.9	12.3	526.33
27	501.6	520.4	515.9	18.8	512.63
28	506.4	515.3	522.9	16.5	514.87
29	518.9	510.6	519.4	8.8	516.30
30	533.4	517.5	519.4	15.9	523.43
31	508.8	514.9	513.2	6.1	512.30
32	510.5	525.5	514.6	15	516.87
33	525.5	515.6	522.9	9.9	521.33
34	536.4	523.7	514.4	22	524.83
35	504.2	515.7	524.8	20.6	514.90
36	504.9	499.9	512.9	13	505.90
37	521.6	503.6	504.5	18	509.90
38	523.6	517.9	507.4	16.2	516.30

39	509.3	515.5	529.6	20.3	518.13
40	504.2	516.7	519.4	15.2	513.43
41	520.5	529.6	511.6	18	520.57
42	509.7	517.5	527.3	17.6	518.17
43	510.4	519.2	521.3	10.9	516.97
44	525.9	519.5	530.5	11	525.30
45	531.5	526.9	519.5	12	525.97
46	529.4	521.4	515.6	13.8	522.13
47	521.9	523.4	531.3	9.4	525.53
48	513.2	520.5	528.6	15.4	520.77
49	528.3	514.6	523.6	13.7	522.17
50	530.5	521.2	519.5	11	523.73
51	507.5	525.5	513.4	18	515.47
52	521.7	514.2	533.2	19	523.03
53	500.1	512.1	519.9	19.8	510.70
54	515.4	519.5	527.1	11.7	520.67
55	498.2	505.3	517.3	19.1	506.93
56	522.4	513.2	530.5	17.3	522.03
57	507.6	502.2	520.4	18.2	510.07
58	506.2	526.3	517.2	20.1	516.57
59	512.1	519.3	503.2	16.1	511.53
60	503.9	510.4	519.2	15.3	511.17
61	513.1	504.2	510.0	8.9	509.10
62	500.7	510.1	514.1	13.4	508.30
63	505.2	515.1	518.4	13.2	512.90
64	522.5	509.1	510.6	13.4	514.07
65	512.8	517.9	508.8	9.1	513.17
66	517.6	501.9	511.9	15.7	510.47
67	506.5	516.1	505.4	10.7	509.33
68	521.5	530.2	509.2	21	520.30
69	513.8	523.2	518.9	9.4	518.63
70	500.4	516.5	507.2	16.1	508.03
71	515.5	507.3	510.1	8.2	510.97
72	511.0	527.9	509.4	18.5	516.10
73	517.5	522.2	535.2	17.7	524.97
74	522.3	504.2	511.9	18.1	512.80
75	507.2	529.4	517.2	22.2	517.93
76	522.5	528.1	509.4	18.7	520.00
77	499.3	534.2	510.9	34.9	514.80
78	514.1	522.6	502.1	20.5	512.93
79	499.4	502.3	528.4	29	510.03
80	515.4	529.2	525.6	13.8	523.40
81	501.1	512.8	520.3	19.2	511.40

82	511.7	523.5	519.5	11.8	518.23
83	515.3	510.8	522.3	11.5	516.13
84	509.9	517.3	522.2	12.3	516.47
85	534.2	510.1	532.2	24.1	525.50
86	508.2	527.3	517.0	19.1	517.50
87	514.4	511.4	503.0	11.4	509.60
88	507.5	514.2	509.4	6.7	510.37
89	508.2	526.5	514.1	18.3	516.27
90	522.1	517.3	503.5	18.6	514.30
91	506.2	519.3	522.4	16.2	515.97
92	506.2	510.4	524.3	18.1	513.63
93	503.4	501.6	518.3	16.7	507.77
94	504.2	515.9	510.5	11.7	510.20
95	505.3	500.9	514.3	13.4	506.83
96	511.8	517.2	501.4	15.8	510.13
97	515	514.9	526.3	11.4	518.73
98	531.1	525.3	512.4	18.7	522.93
99	506.9	502.5	520.6	18.1	510.00
100	516.3	529.3	503.9	25.4	516.50
101	510.3	514.9	502.4	12.5	509.20
102	515.3	510.4	502.6	12.7	509.43
SUMATORIA.			157941.3		
MEDIA (Muestral \bar{X}).			516.15		
MEDIA DE LAS MEDIAS ($\bar{\bar{X}}$)			516.15		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S).			9.18		
CONSTANTE d_2			1.693		
RANGO PROMEDIO (\bar{R})			16.03627451		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ^{\wedge})			9.47		
LÍMITES REALES DEL PROCESO					
Considerando un intervalo de tolerancia de $\alpha=0.05$, donde el valor del punto crítico $Z_{\alpha/2}= 1.96$					
N			306		
$Z_{\alpha/2}$			1.96		
LRS (Límite real superior).			534.14		
LRI (Límite real inferior).			498.155		
LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN					
Especificación superior.			510		
Valor nominal.			500		
Especificación inferior.			490		
ÍNDICES DE CAPACIDAD (CORTO PLAZO)					
\hat{C}_p			0.35		
\hat{C}_{ps}			-0.22		
\hat{C}_{pi}			0.92		
\hat{C}_{pk}			-0.22		

\hat{C}_{pm}	0.18
K	161.48
ÍNDICES DE CAPACIDAD (LARGO PLAZO)	
P_p	0.36
P_{ps}	-0.22
P_{pi}	0.95
P_{pk}	-0.22

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Como resultado se obtuvo que la capacidad potencial (\hat{C}_p) sigue siendo menor que uno ya que lo que se mejoró fue el centrado del proceso lo cual en base a la tabla 5.1 del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009) tiene una clase o categoría 4 lo que significa que no es adecuado para el trabajo y requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.

La capacidad real del proceso \hat{C}_{pk} y \hat{C}_{pm} aumentaron sus valores después de las mejoras aunque aún siguen siendo menores a uno.

Según el resultado del índice \hat{C}_p en base a la tabla 5.2 del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009) el porcentaje de productos fuera de especificación es de 29.91295% generando 299129.823 (PPM) fuera de especificaciones.

Según el resultado del índice \hat{C}_{ps} al ser un valor negativo indica que el proceso no cumple con la especificación superior aunque este valor mejoró.

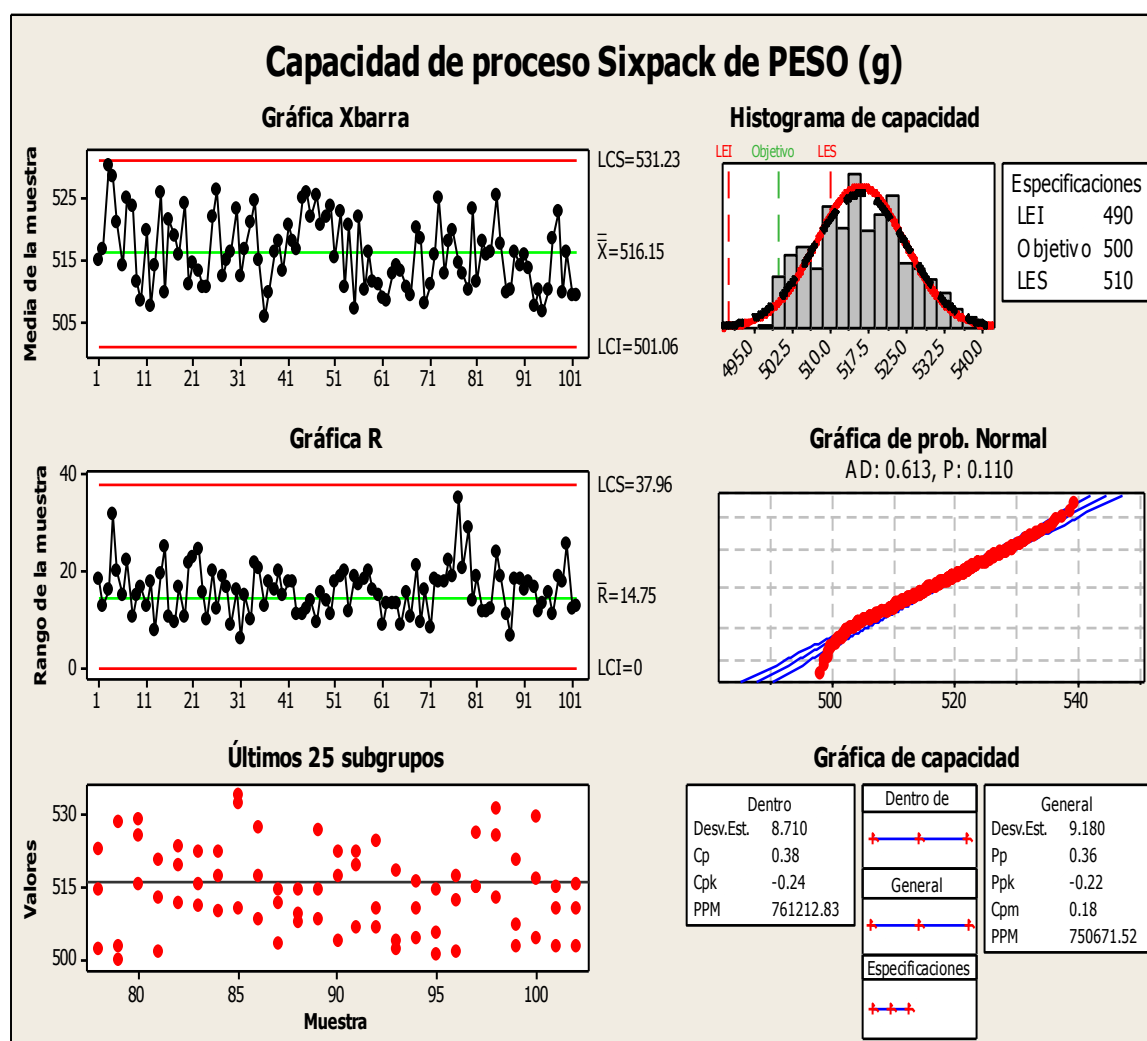
Con respecto al índice \hat{C}_{pi} el porcentaje de productos con menor peso respecto a la especificación inferior es de 0.30436% generando 3043.6118 (PPM) fuera de especificaciones.

El índice \hat{C}_{pk} es igual al valor más pequeño entre el índice \hat{C}_{ps} y \hat{C}_{pi} por lo tanto es igual al valor del \hat{C}_{ps} y su interpretación ya se realizó.

El índice K nos indica que la media del proceso está desviada 161.48% a la derecha del valor nominal.

El nivel de sigma es igual a $3\hat{C}_{pk}$, por lo tanto el valor es de -0.66 sigmas.

Gráfico 6: Capacidad del proceso (variable peso-mejorado)



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: En el gráfico se observa las cartas de control de medias y rango que indican la variación del proceso más no su capacidad de responder a especificaciones.

El histograma indica la capacidad del proceso ajustada a la curva de distribución normal en el cual se aprecia que el proceso se mejoró en el centrado aunque su variación persiste.

3.4.6 Probabilidades (quesos de 500g-mejorado).

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de probabilidades fueron extraídas del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009). Ver anexo 10.

Tabla 53: Probabilidades (variable peso-mejorado).

EVENTOS	PROBABILIDAD	%
Probabilidad de que los productos tengan un peso mayor a la especificación superior.	0.75	75
Probabilidad de que los pesos de los productos estén dentro de especificaciones.	0.248	24.8
Probabilidad de que los productos tengan un peso mayor al óptimo.	0.964	96.4
Probabilidad de que los productos tengan un peso menor al óptimo.	0.036	3.6
Probabilidad de que los productos tengan un peso menor a la especificación inferior.	0.0019	0.19

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El cuadro muestra las diferentes probabilidades que tiene cada uno de los eventos, por ejemplo la probabilidad de que los pesos de los productos estén dentro de especificaciones aumento a 24.8%, posteriormente se realizara una comparación de las mejoras obtenidas mediante la implementación del DMAMC.

3.4.7 Resumen de indicadores después de la implementación de las mejoras (quesos de 500g).

Tabla 54: Indicadores (proceso mejorado).

CAPACIDAD DEL PROCESO MEJORADO	
VARIABLE PESO.	
Indicador.	Valor.
\hat{C}_p .	0.35
\hat{C}_{ps} .	-0.22
\hat{C}_{pi} .	0.92
\hat{C}_{pk} .	-0.22
\hat{C}_{pm} .	0.18
K.	1.61
Nivel Sigma.	-066

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: La tabla muestra el resumen de los indicadores que dieron como resultado después de la implementación de las mejoras, estos datos serán comparados con los datos del análisis actual.

3.4.8 Pérdidas económicas generadas por el porcentaje de unidades fuera de especificaciones después de las mejoras.

Tabla 55: Pérdidas económicas después de las mejoras.

NÚMERO DE UNIDADES FUERA DE ESPECIFICACIÓN.				
	Unidades producidas por lote.	Litros procesados.	% de unidades fuera de especificación.	Número de unidades fuera de especificación.
Quesos de 500 gramos.	1475	5000	75	1106.25
UNIDADES ADICIONALES PRODUCIDAS CON EL EXCESO DE PESO.				
	Peso óptimo.	Exceso de peso por unidad (g).	Exceso de peso total (g).	Unidades adicionales (por lote)
Quesos de 500 gramos.	500	16.15	17865.9375	35.731875
PÉRDIDAS ECONÓMICAS.				
	Precio unitario (\$)	Pérdida por lote (\$).	Pérdida total mensual (\$).	Pérdida total anual (\$).
Quesos de 500 gramos.	3.4	121.488375	4859.535	58314.42

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: El porcentaje de unidades fuera de especificación de los quesos de 500 gramos generan 4859.535 dólares en pérdidas mensuales por motivo de que los quesos sobrepasan el peso de especificación superior.

3.4.9 Determinación del impacto generado por cambio de forma del queso sobre los clientes externos mediante la realización de encuestas.

Para determinar el impacto generado por el cambio de forma del queso, de redondo a rectangular, se realizó una encuesta (ver anexo 24) a los clientes externos de un lote de producción. Para determinar el número de clientes encuestados se utiliza un 95% de confiabilidad y 10% de margen de error.

Fórmula para el cálculo del tamaño de muestra (población finita).

$$n = \frac{N(Z_{\alpha/2})^2 p(1-p)}{(N-1)E^2 + (Z_{\alpha/2})^2 p(1-p)}$$

Donde:

- $N = 1475$
- $Z_{\alpha/2}$

- $p = 0.5$
- $E = 0.10$

$$n = \frac{1475(1.96)^2 0.5(1 - 0.5)}{(1475 - 1)0.1^2 + (1.96)^2 0.5(1 - 0.5)}$$

$n = 90.23$ encuestas.

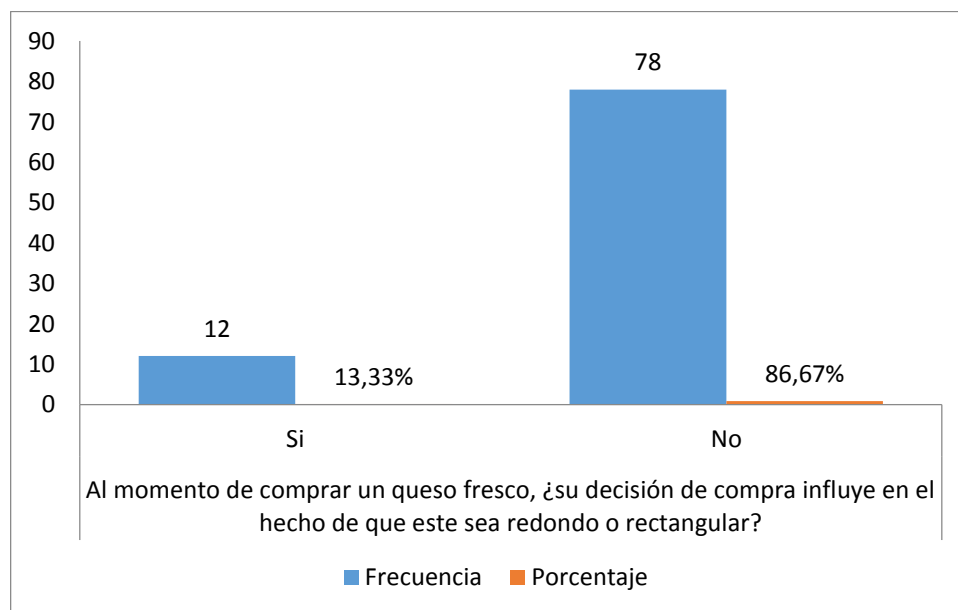
La muestra está constituida por 90 personas a quienes se les realizará la encuesta.

3.4.9.1 Análisis de encuestas a los clientes externos.

Pregunta 1.

Al momento de comprar un queso fresco, ¿su decisión de compra influye en el hecho de que este sea redondo o rectangular?

Gráfico 7: Resultados de la encuesta realizada a clientes externos (pregunta 1).



Fuente: Encuesta aplicada a clientes externos.

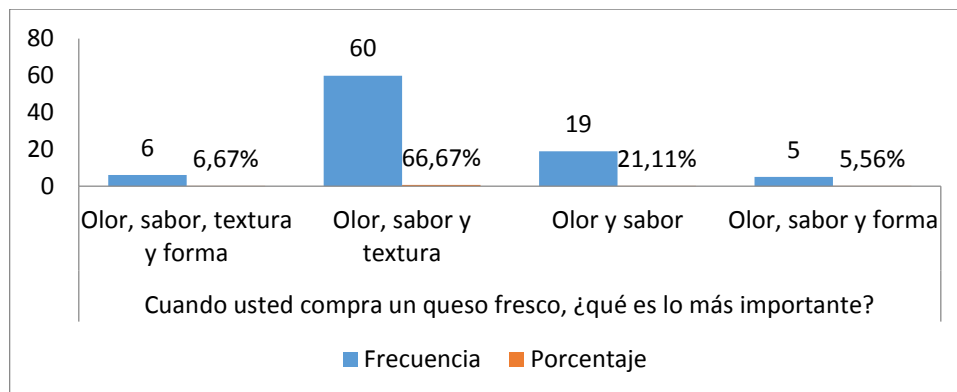
Elaborado por: Jácome Enver.

En base a los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los clientes externos del queso fresco Dulac's la nueva forma del producto tiene un 86.67% de aceptación de mercado. Por esta razón el producto se seguirá ofertando indefinidamente con esta nueva presentación.

Pregunta 2.

Cuando usted compra un queso fresco, ¿qué es lo más importante?

Gráfico 8: Resultados de la encuesta realizada a clientes externos (pregunta 2).



Fuente: Encuesta aplicada a clientes externos.

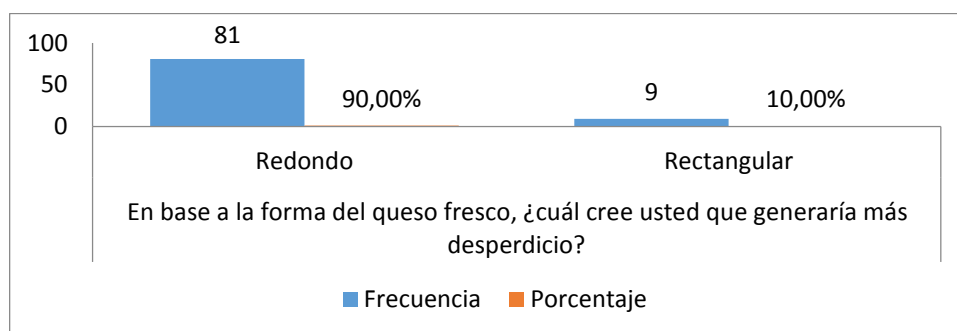
Elaborado por: Jácome Enver.

En base a los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los clientes externos del queso fresco Dulac's lo más importante al momento de comprar el producto no es su forma ya que lo principal es su olor, sabor y textura. La forma del producto influye en un bajo porcentaje de clientes al momento de adquirir el producto.

Pregunta 3.

En base a la forma del queso fresco, ¿cuál cree usted que generaría más desperdicio?

Gráfico 9: Resultados de la encuesta realizada a clientes externos (pregunta 3).



Fuente: Encuesta aplicada a clientes externos.

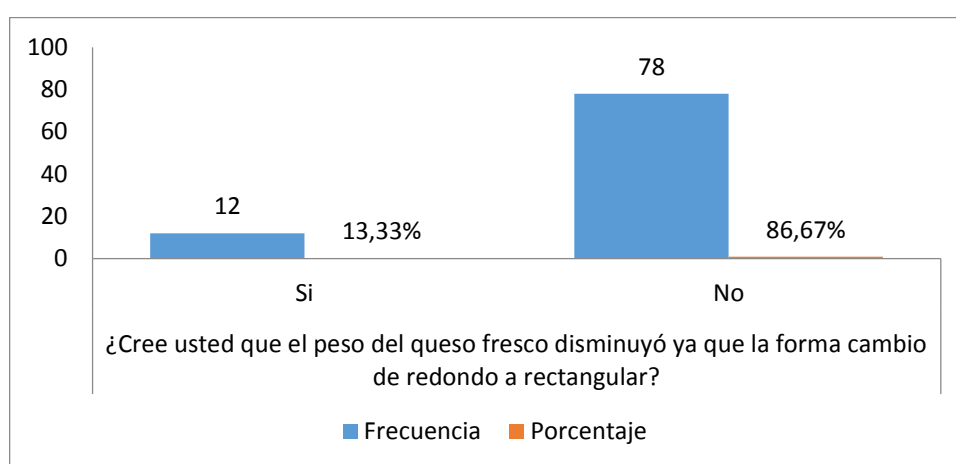
Elaborado por: Jácome Enver.

En base a los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los clientes externos del queso fresco Dulac's el cambio de forma del producto de redondo a rectangular genera beneficios para los clientes ya que el 90% de los encuestados piensa que se genera mayor desperdicio si la forma del queso es redonda.

Pregunta 4.

¿Cree usted que el peso dl queso fresco disminuyó ya que la forma cambio de redondo a rectangular?

Gráfico 10: Resultados de la encuesta realizada a clientes externos (pregunta 4).



Fuente: Encuesta aplicada a clientes externos.

Elaborado por: Jácome Enver.

En base a los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los clientes externos del queso fresco Dulac's el 12 % de los encuestados cree que el peso del producto disminuyó por motivo del cambio de la forma. Este pensamiento se genera ya que los clientes creen que el producto cambio de forma y de especificación, por lo tanto en la actualidad se realiza una intensa campaña de publicidad para informar a los clientes que se trata del mismo producto y que lo único que cambió fue la forma.

3.5 Fase controlar.

El objetivo de esta fase es mantener y mejorar los resultados obtenidos mediante las mejoras implementadas, la empresa ya cuenta con procedimientos, documentación y supervisión en todas sus líneas de producción por lo tanto la

decisión tomada fue de realizar cartas de control de medias y rangos (\bar{X} -R) y así monitorear posibles variaciones en el tiempo o por cada lote de producción.

Para la realización de las cartas de control se utiliza los datos de la tabla 26, las fórmulas utilizadas fueron extraídas del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009). Ver anexo 10.

Tabla 56: Cálculo de los límites de control para la carta de medias y rangos (\bar{X} -R).

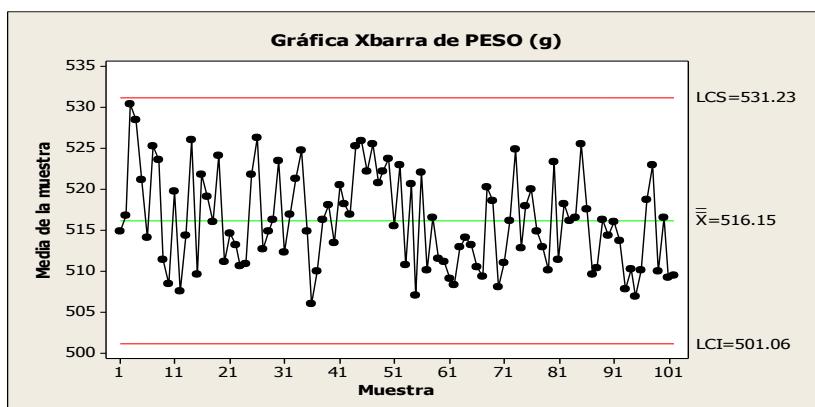
LÍMITES DE CONTROL PARA LA CARTA DE MEDIAS Y RANGOS	
MEDIA DE LAS MEDIAS ($\bar{\bar{X}}$).	516.15
RANGO PROMEDIO (\bar{R}).	16.03
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S).	9.18
DESVIACIÓN ESTÁNDAR ($\hat{\sigma}$).	9.47
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LAS MEDIAS ($\sigma_{\bar{x}}$).	5.46658288
CONSTANTES.	
d_2	2.326
D_3	0.0000
D_4	2.1144
LÍMITES DE CONTROL PARA LA CARTA (\bar{X}).	
$LCS = \bar{\bar{X}} + 3\left(\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}}\right)$	532.5497486
LÍNEA CENTRAL ($\bar{\bar{X}}$).	516.15
$LCI = \bar{\bar{X}} - 3\left(\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}}\right)$	499.7502514
LÍMITES DE CONTROL PARA LA CARTA (R).	
$LCS = D_4\bar{R}$	33.893832
LÍNEA CENTRAL (\bar{R}).	16.03
$LCI = D_3\bar{R}$	0

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Los cálculos realizados para determinar los límites de las cartas de control fueron realizados en base a las constantes de la tabla A1 del libro (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009).

Gráfico 11: Carta de control (\bar{X}).

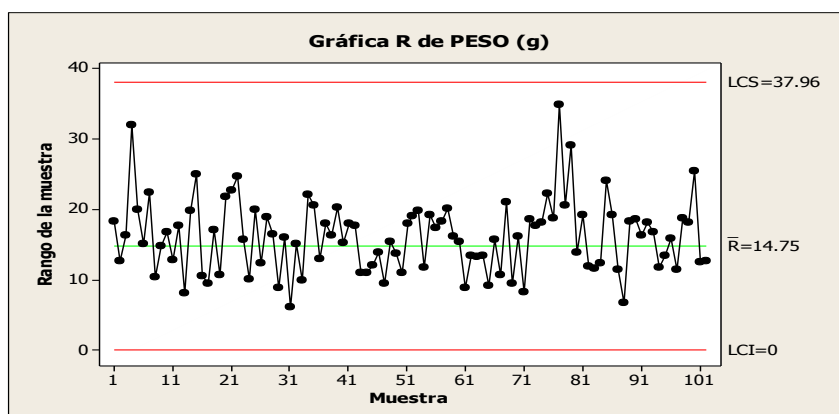


Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: La gráfica muestra los datos obtenidos después de las mejoras, se observa que los pesos de los quesos se encuentran dentro de $LCS= 531.23$; $LCI= 501.06$ con una media de 516.15, la carta indica que la media del proceso se encuentra bajo control, aunque en algún momento puede variar y es allí donde esta herramienta es de gran utilidad ya que permite identificar cuando y porque se generaron cambios significativos en la media del proceso.

Gráfico 12: Carta de control R.



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: La carta R indica la amplitud de la dispersión de los datos, en la gráfica se observa que esta está dentro del $LCS= 37.96$; $LCI= 0$ con un rango promedio de 14.75. De igual manera permite detectar cambios en la amplitud o el rango de los datos levantados en un lote o diferentes lotes de producción.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Cuadros comparativos antes y después de la implementación de la metodología DMAMC.

4.1.1 Producción total de un lote antes y después de las mejoras.

Tabla 57: Producción antes y después de las mejoras.

ANTES		DESPUÉS	
LOTE 1408023-1408024		LOTE 1421523-1421524	
QUESO DE 500 GRAMOS		QUESO DE 500 GRAMOS	
Leche procesada (Lt).	5000	Leche procesada (Lt).	5000
Número de bandejas.	58	Número de bandejas.	59
Número de quesos por bandeja	24	Número de quesos por bandeja	25
NÚMERO DE UNIDADES	1392	NÚMERO DE UNIDADES	1475

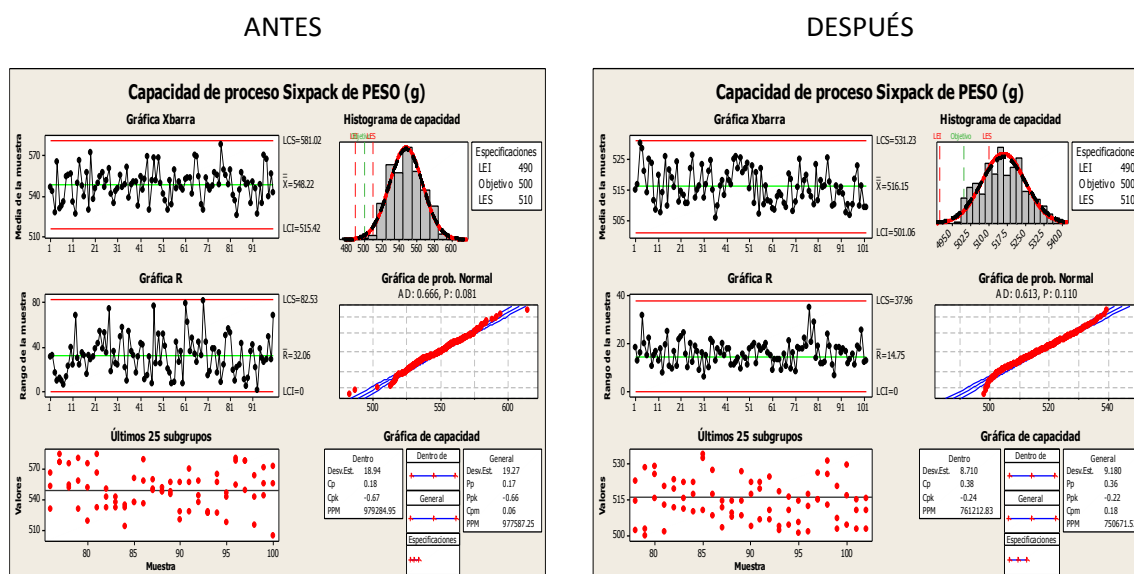
Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: En la tabla se observa el impacto generado por las mejoras implementadas ya que anteriormente se elaboraban 1392 unidades y actualmente son 1475, es decir, 83 unidades más.

4.1.2 Gráficas de capacidad antes y después de las mejoras.

Gráfico 13: Capacidad del proceso antes y después de las mejoras.



Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: La implementación de las mejoras estaban guiadas a mejorar el centrado del proceso, es por eso que en el gráficos se observa que dichas mejoras cumplieron con el objetivo planteado.

4.1.3 Resumen de indicadores de calidad, productividad y de pérdidas económicas antes y después de la implementación de las mejoras.

Tabla 58: Resumen total de indicadores.

INDICADORES.			
ANÁLISIS INICIAL.		ANÁLISIS FINAL.	
General.		General.	
Indicador.	Valor.	Indicador.	Valor.
Productividad monofactorial (mano de obra).	6.04 u/\$	Productividad monofactorial (mano de obra).	7.98 u/\$
Productividad multifactorial (mano de obra + materia prima).	0.60 u/\$	Productividad multifactorial (mano de obra + materia prima).	0.65 u/\$
VARIABLE PESO.		VARIABLE PESO.	
Indicador.	Valor.	Indicador.	Valor.
\hat{C}_p .	0.18	\hat{C}_p .	0.35
\hat{C}_{ps} .	-0.67	\hat{C}_{ps} .	-0.22
\hat{C}_{pi} .	1.02	\hat{C}_{pi} .	0.92
\hat{C}_{pk} .	-0.67	\hat{C}_{pk} .	-0.22
\hat{C}_{pm} .	0.06	\hat{C}_{pm} .	0.18
K.	4.82	K.	1.61
Nivel Sigma.	-2.01	Nivel Sigma.	-066
PÉRDICAS ECONÓMICAS.			
ANÁLISIS INICIAL.		ANÁLISIS FINAL.	
Pérdida mensual.	17881.51	Pérdida mensual.	4859.54
Pérdida anual.	214578.12	Pérdida anual.	58314.48
INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD Y PORCENTAJE DE DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS.			
Disminución de pérdidas (%).		-72.82	
Incremento de productividad multifactorial (%).		8.33	

Fuente: INPROLAC S.A

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Gracias a la implementación de la metodología DMAMC se disminuyó 72.82 % en pérdidas económicas generadas por sobredosificación.

El nivel de calidad aumento de -2.01 a -0.66 sigmas, el índice \hat{C}_p aumentó de 0.18 a 0.35 y la productividad multifactorial se incrementó en 8.33%.

4.2 Costos y tiempo de recuperación de la inversión.

La implementación de las mejoras tuvo un costo de 20000 dólares, mediante esta inversión se logró incrementar 83 unidades más por cada lote de producción (en promedio), la siguiente tabla muestra los ingresos netos mensuales que se obtuvo mediante la implementación de las mejoras y el tiempo de recuperación de la inversión (tiempo de repago).

Tabla 59: Ingresos mensuales obtenidos después de las mejoras y tiempo de repago.

INGRESOS MENSUALES Y TIEMPO DE REPAGO	
Unidades adicionales diarias	166
Precio de venta (\$)	3.4
Ingresos mensuales (\$)	11288
Inversión (\$)	20000
Tiempo de repago (meses)	1.77

Elaborado por: Jácome Enver.

Interpretación: Para el cálculo del tiempo de repago se utilizó la siguiente

fórmula: $TR = \text{Mes antes de recuperar la inversión} + \frac{\text{Valor que falta por recuperar}}{\text{Flujo de efectivo en el que se recuperará la inversión}}$

El mes antes de recuperar la inversión es 1, el valor que falta por recuperar es 8712 \$ y el flujo de efectivo en el que se recuperará la inversión es 11228 \$. Como resultado se obtuvo que la inversión se recuperara en un mes y 16 días aproximadamente.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la metodología DMAMC, en cualquier tipo de empresa, es de gran utilidad ya que permite incrementar el nivel de calidad de los productos que oferta. La implementación de esta metodología en la empresa INPROLAC S.A permitió incrementar el nivel de sigma de -2.01 a -0.66 sigmas.
- INPROLAC S.A, por problemas de sobredosificado, generaba pérdidas de 214578.12 dólares anuales, estas pérdidas disminuyeron a 58314.42 dólares mediante la aplicación de la metodología DMAMC.
- El centrado del proceso mejoro notablemente, aunque persiste el problema de variabilidad ya que el dosificado se lo realiza de manera manual y es casi imposible controlar la cantidad de cuajada colocada en cada molde.
- Los recursos necesarios para la elaboración de queso fresco como materia prima, tiempo, mano de obra fueron optimizados mediante la aplicación de la metodología DMAMC, la productividad multifactorial se incrementó en 8.33%.

RECOMENDACIONES

- Para eliminar el problema de variabilidad en la dosificación se recomienda la adquisición de una drenoprensa la cual permite moldear quesos con el peso exacto ya que los cortes son automáticos, además esto ayudará a optimizar la utilización de recursos como tiempo y mano de obra.
- Aplicar la metodología DMAMC en las demás líneas de producción con la que cuenta la empresa y analizar variables que influyan en la decisión de compra del cliente.
- Capacitar e informar a los trabajadores de los beneficios de la aplicación de la metodología DMAMC.
- Supervisar y validar que los trabajadores cumplan con los procedimientos establecidos.
- Elaborar las cartas de control para registrar cambios significativos de la media y rango y así identificar donde y cuando se dieron estas variaciones e identificar posibles soluciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D., Sweeney, D., & Thomas, W. (2008). *Estadística para la administración y economía* (10ma ed.). México, México: CENGAGE Learning.
- Besterfield, D. (2009). *Control de calidad* (8va ed.). México, México: PEARSON.
- Cadena, R. (2014). *Informe INPROLAC S.A. Cayambe*.
- Cavanagh, R., Neuman, R., & Pande, P. (2004). *Las Claves Prácticas de Seis Sigma: Una guía dirigida a los equipos de mejora de procesos* (1ra ed.). España: McGrawHill.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2008). *Administración y control de la calidad* (7ma ed.). México, México: CENGAGE Learning.
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo* (2 da ed.). México, México: McGrawHill.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD* (3ra ed.). México, México: McGrawHill.
- Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (2da ed.). México, México: McGrawHill.
- Herrera A, R. (2006). *Seis Sigma: Métodos Estadísticos y sus Aplicaciones* (1ra ed.). Colombia: Grafimpresos Donado.
- Juran, M. (2007). *Método Juran: Análisis y planeación de la calidad* (5ta ed.). México, México: McGrawHill.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12va ed.). México, México: McGrawHill.
- Valderrey Sanz, P. (2010). *Seis Sigma*. Madrid, España: StarBook.
- Valderrey Sanz, P. (2013). *Herramientas para la CALIDAD TOTAL* (1ra ed.). Bogotá, Colombia: StarBook.

ANEXOS

ANEXO 1: Balanza utilizada en el levantamiento de datos.

Fotografía 5: Balanza utilizada en el levantamiento de datos.



ANEXO 2: Certificado de calibración del equipo de medición.

BALANZAS Y SERVICIO TECNICO	
RUC. 0602061707001	Noruega E9-76 y Suiza Edificio Torre Noruega P.B. Of. 106 Telf: 02 3332878 Cel. 0999-721 280 - email: maurog@interactive.net.ec - QUITO - ECUADOR

REPORTE DE CALIBRACION			
MG 01/14 -IPL- 05 A			
Cliete: Contacto: Dirección: Fecha: Hora: Temperatura: Humedad Relativa: Próxima Revisión: Frecuencia:	INPROLAC S.A. DRA. IVONNE VASQUEZ Av. Víctor Cartagena N6-37 Panamericana Norte vía a Otavalo, Cayambe 15-ene-14 10:22:23 26°C 47% Julio de 2014 SEMESTRAL	Equipo: Marca: Modelo: Serie: Referencia: Tipo: Clase: Código: Ubicación:	BALANZA OHAUS TA3001 B241384475 PRECISION ELECTRONICA II LABORATORIO
		Cap. Máx: Cap. Mín: d= e= Rango de Uso: Unidades:	3100 2 0.1 0.1 g

Pruebas y Calibración de Balanza															
Carga Angular Método de Ensayo, Después del Ajuste		Linealidad Método Absoluto, Después del Ajuste													
Pesa de Control: 1000.0 Unidades: g Posición Errores	M Convencional Lectura Diferencia Tolerancia Unidades g	1 5.0 5.0 0.0 0.1 Error Máximo 0.0 2 10.0 10.0 0.0 0.1 3 20.0 20.0 0.0 0.1 4 50.0 50.0 0.0 0.1 5 100.0 100.0 0.0 0.1 6 200.0 200.0 0.0 0.1 7 500.0 500.0 0.0 0.1 8 1000.0 1000.0 0.0 0.2 9 2000.0 2000.0 0.0 0.2 10 3000.0 3000.0 0.0 0.3	Error Mínimo 0.0 Error Linealidad 0.0 Tolerancia 0.1 Desv. Stand. 0.0												
B 999.9 C 1000.0 A Centro Inicial 0.0 A 1000.0 B Izquierda Atrás 0.1 F 1000.0 C Derecha Atrás 0.0 D Derecha Adelante 0.0 E Izquierda Adelante 0.0 F Centro Final 0.0 E 1000.0 D 1000.0 Error Carga angular: 0.1 Tolerancia 0.1															
Repetibilidad		Sensibilidad													
Nr Vaciar Cargar Diferencia 1 0.0 1000.0 1000.0 2 0.0 1000.0 1000.0 3 0.0 1000.0 1000.0 4 0.0 1000.0 1000.0 5 0.0 1000.0 1000.0 6 0.0 1000.0 1000.0 Pesa de Control 1000.0 Unidades g Nro. mediciones 6 Diferencia Media 1000.0 Desv. Estándar 0.00 Tolerancia e.m.p. 0.05		Pesa de Control Lectura Desviación Tolerancia Sensibilidad Unidades 3000.0 3000.0 0.0 0.1 1.00000 g Error de incertidumbre de las medidas UCombinada= 0.0 g													
		Identificación de patrones utilizados													
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Pesos</th> <th>Clase</th> <th>Certificado INEN</th> <th>Fecha Calib.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pesos de 200 g 100 g 50 g</td> <td>E2</td> <td>LPC-M-2013 - 004-005-006</td> <td>2013-01-02</td> </tr> <tr> <td>Juego de 2000 g a 1 mg</td> <td>F1</td> <td>LPC-M-2013 - 001</td> <td>2013-01-03</td> </tr> </tbody> </table>		Pesos	Clase	Certificado INEN	Fecha Calib.	Pesos de 200 g 100 g 50 g	E2	LPC-M-2013 - 004-005-006	2013-01-02	Juego de 2000 g a 1 mg	F1	LPC-M-2013 - 001	2013-01-03
Pesos	Clase	Certificado INEN	Fecha Calib.												
Pesos de 200 g 100 g 50 g	E2	LPC-M-2013 - 004-005-006	2013-01-02												
Juego de 2000 g a 1 mg	F1	LPC-M-2013 - 001	2013-01-03												
Los resultados presentados aplican para el equipo arriba detallado, el cual cumple con requerimientos, normas y tolerancias? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>															
Error máximo permitido (e.m.p) está basado en la norma ecuatoriana NTE INEN 2134:2000 la misma que es referida a la norma internacional OIML R76-1. Las tolerancias de los ensayos son dadas por el fabricante de la marca, según el manual de usuario o manual de servicio.															
Identificación de servicio															
Instalación: Reparación:	Verificación: Ajustes:	Mantenimiento: Calibración:	CLASE: A2												
Observaciones:															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td> Realizado por: MAURO GONZALEZ Ventas y Servicio Técnico </td> <td> Revisado por: Fecha: </td> <td> Aprobado por: Fecha: </td> <td> Aprobado por QA: Fecha: </td> </tr> </table>				Realizado por: MAURO GONZALEZ Ventas y Servicio Técnico	Revisado por: Fecha:	Aprobado por: Fecha:	Aprobado por QA: Fecha:								
Realizado por: MAURO GONZALEZ Ventas y Servicio Técnico	Revisado por: Fecha:	Aprobado por: Fecha:	Aprobado por QA: Fecha:												

Fuente: INPROLAC S.A

ANEXO 3: Tabla 5.1 Valores del Cp y su interpretación.

VALOR DEL ÍNDICE Cp.	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO.	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO).
$C_p \geq 2$	Clase mundial.	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Fuente: (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

ANEXO 4: Tabla 5.2 Los índices Cp, Cpi y Cps en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.

VALOR DEL ÍNDICE (CORTO PLAZO).	PROCESO CON DOBLE ESPECIFICACIÓN (ÍNDICE Cp).		CON REFERENCIA A UNA SOLA ESPECIFICACIÓN (Cpi, Cps, Cpk).	
	% FUERA DE LAS DOS ESPECIFICACIONES.	PARTES POR MILLON FUERA (PPM).	% FUERA DE UNA ESPECIFICACIÓN.	PARTES POR MILLON FUERA (PPM).
0.2	54.8506%	548506.130	27.4253%	274253.065
0.3	36.8120%	368120.183	18.4060%	184060.092
0.4	23.0139%	230139.463	11.5070%	115069.732
0.5	13.3614%	133614.458	6.6807%	66807.229
0.6	7.1861%	71860.531	3.5930%	35930.266
0.7	3.5729%	35728.715	1.7864%	17864.357
0.8	1.6395%	16395.058	0.8198%	8197.529
0.9	0.6934%	6934.046	0.3467%	3467.023
1	0.2700%	2699.934	0.1350%	1349.967
1.1	0.0967%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.340	0.0000%	0.170
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2	0.0000%	0.002	0.0000%	0.001

Fuente: (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

ANEXO 5: Tabla 14.1 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de falla.

EFFECTO.	CRITERIOS: SEVERIDAD DEL EFECTO SOBRE EL CLIENTE FINAL Y/O SOBRE EL PROCESO DE MANUFACTURA.	PUNTUACIÓN.
Peligroso-sin aviso.	Cliente: muy alto grado de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.	10
Peligroso-con aviso.	Cliente: muy alto grado de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.	9
Muy alto.	Cliente: el producto o la parte son inoperables, debido a la pérdida de su función primaria. Proceso: el 100% de la producción puede tener que ser desechada o reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo mayor de una hora.	8
Alto.	Cliente: el producto/parte operable, pero con bajo nivel de desempeño. Proceso: el producto tiene que ser clasificado y una porción (menor al 100%) desechada o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo entre 30 y 60 minutos.	7
Moderado.	Cliente: el producto/parte operable, pero con dispositivos de confort/conveniencia inoperable. El cliente está insatisfecho. Proceso: una porción (menor al 100%) del producto puede tener que ser desechada sin clasificación o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo de media hora.	6
Bajo.	Cliente: el producto/parte operable, pero con dispositivos de comodidad/conveniencia operado en un nivel reducido de desempeño. Proceso: el 100% del producto puede tener que ser retrabajado o el producto/parte reparado fuera de la línea, pero no tiene que ir al departamento de reparaciones.	5
Muy bajo.	Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto es apreciado por la mayoría de los clientes (más del 75%). Proceso: el producto puede tener que ser clasificado sin desperdicio y una porción (menos de 100%) retrabajarse.	4
Menor.	Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto lo notan 50% de los clientes. Proceso: una porción (menor a 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea pero fuera de la estación.	3
Mínimo.	Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto lo notan sólo clientes exigentes (menos del 25%) Proceso: una porción (menor al 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea pero en la estación.	2
Ninguno.	Cliente: sin efecto apreciable para el cliente. Ligeros inconvenientes de operación o para el operador. Proceso: sin efecto para el proceso.	1

Fuente: (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

ANEXO 6: Tabla 14.2 Criterios para la clasificación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA CAUSA QUE PROVOCA LA FALLA.	TASA DE FALLA.	PUNTUACIÓN.
Muy alta: Fallas persistentes.	>100 por cada mil piezas. 50 por cada mil piezas.	10 9
Alta: Fallas frecuentes.	20 por cada mil piezas. 10 por cada mil piezas.	8 7
Moderada: Fallas ocasionales.	5 por cada mil piezas. 2 por cada mil piezas. 1 por cada mil piezas.	6 5 4
Baja: Relativamente pocas fallas.	0.5 por cada mil piezas. 0.1 por cada mil piezas.	3 2
Remota: La falla es improbable.	0.01 por cada mil piezas.	1

Fuente: (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

ANEXO 7: Tabla 14.3 Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.

EFEECTO.	CRITERIOS: SEVERIDAD DEL EFECTO SOBRE EL CLIENTE FINAL Y/O SOBRE EL PROCESO DE MANUFACTURA.	PUNTUACIÓN.
Ninguna oportunidad de detección.	Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado.	10
No es probable detectar en cualquier etapa.	El modo de falla y/o la causa (error) no son fácilmente detectados (por ejemplo, auditorías aleatorias)	9
Detección del problema después del procesamiento.	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído.	8
Detección del problema en la fuente.	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído, o bien después de la producción a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	7
Detección del problema después del procesamiento.	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por el operador a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	6
Detección del problema en la fuente.	El modo de falla o la causa de error se detectan en la estación de trabajo por el operador mediante equipos de mediciones continuas, o mediante de controles automáticos en la estación de trabajo que identifican las partes discrepantes y notifican al operador (luz, sonidos, etc.). Se realizan mediciones al arranque y la primera pieza se verifica (solo para causas relacionadas con el arranque).	5
Detección del problema después del procesamiento.	El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte para prevenir el que no se procese posteriormente.	4
Detección del problema en la fuente.	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte en la estación para prevenir el que no se procese posteriormente.	3
Detección de error y/o prevención del problema.	Se detecta la causa (error) de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos que detectarán errores y previenen que se hagan partes discrepantes.	2
No se aplica detección, se previene el error.	Se previene la causa (error) de la falla como resultado del diseño del accesorio, la máquina o la parte. No se pueden hacer partes discrepantes porque se tiene un diseño de producto/proceso a prueba de errores.	1

Fuente: (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

ANEXO 8: TABLA A1 Factores para la construcción de las cartas de control.

TAMAÑO DE MUESTRA, n.	CARTA \bar{X}	CARTA R			CARTA S	ESTIMACIÓN DE σ
	A_2	d_3	D_3	D_4	c_4	d_2
2.00	1.880	0.853	0.0000	3.2686	0.7979	1.128
3.00	1.023	0.888	0.0000	2.5735	0.8862	1.693
4.00	0.729	0.880	0.0000	2.2822	0.9213	2.059
5.00	0.577	0.864	0.0000	2.1144	0.9400	2.326
6.00	0.483	0.848	0.0000	2.0039	0.9515	2.534
7.00	0.419	0.833	0.0758	1.9242	0.9594	2.704
8.00	0.373	0.820	0.1359	1.8641	0.9650	2.847
9.00	0.337	0.808	0.1838	1.8162	0.9693	2.970
10.00	0.308	0.797	0.2232	1.7768	0.9727	3.078
11.00	0.285	0.787	0.2559	1.7441	0.9754	3.173
12.00	0.266	0.778	0.2836	1.7164	0.9776	3.258
13.00	0.249	0.770	0.3076	1.6924	0.9794	3.336
14.00	0.235	0.763	0.3281	1.6719	0.9810	3.407
15.00	0.223	0.756	0.3468	1.6532	0.9823	3.472
16.00	0.212	0.750	0.3630	1.6370	0.9835	3.532
17.00	0.203	0.744	0.3779	1.6221	0.9845	3.588
18.00	0.194	0.739	0.3909	1.6091	0.9854	3.640
19.00	0.187	0.734	0.4031	1.5969	0.9862	3.689
20.00	0.180	0.729	0.4145	1.5855	0.9869	3.735
21.00	0.173	0.724	0.4251	1.5749	0.9876	3.778
22.00	0.167	0.720	0.4344	1.5656	0.9882	3.819
23.00	0.162	0.716	0.4432	1.5568	0.9887	3.858
24.00	0.157	0.712	0.4516	1.5484	0.9892	3.898
25.00	0.153	0.708	0.4597	1.5403	0.9896	3.931

Fuente: (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

ANEXO 9: TABLA A2 Puntos críticos de la distribución normal estándar ($\mu = 0, \sigma = 1$), $P(Z > z)$.

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.500	0.496	0.492	0.488	0.484	0.480	0.476	0.472	0.468	0.464
0.1	0.460	0.456	0.452	0.448	0.444	0.440	0.436	0.433	0.429	0.425
0.2	0.421	0.417	0.413	0.409	0.405	0.401	0.397	0.394	0.390	0.386
0.3	0.382	0.378	0.374	0.371	0.367	0.363	0.359	0.356	0.352	0.348
0.4	0.345	0.341	0.337	0.334	0.330	0.326	0.323	0.319	0.316	0.312
0.5	0.309	0.305	0.302	0.298	0.295	0.291	0.288	0.284	0.281	0.278
0.6	0.274	0.271	0.268	0.264	0.261	0.258	0.255	0.251	0.248	0.245
0.7	0.242	0.239	0.236	0.233	0.230	0.227	0.224	0.221	0.218	0.215
0.8	0.212	0.209	0.206	0.203	0.200	0.198	0.195	0.192	0.189	0.187
0.9	0.184	0.181	0.179	0.176	0.174	0.171	0.169	0.166	0.164	0.161
1.0	0.159	0.156	0.154	0.152	0.149	0.147	0.145	0.142	0.140	0.138
1.1	0.136	0.133	0.131	0.129	0.127	0.125	0.123	0.121	0.119	0.117
1.2	0.115	0.113	0.111	0.109	0.107	0.106	0.104	0.102	0.100	0.099
1.3	0.097	0.095	0.093	0.092	0.090	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082
1.4	0.081	0.079	0.078	0.076	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068
1.5	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.056
1.6	0.055	0.054	0.053	0.052	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.046
1.7	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0.038	0.037
1.8	0.036	0.035	0.034	0.034	0.033	0.032	0.031	0.031	0.030	0.029
1.9	0.029	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.025	0.024	0.024	0.023
2.0	0.023	0.022	0.022	0.021	0.021	0.020	0.020	0.019	0.019	0.018
2.1	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.016	0.015	0.015	0.015	0.014
2.2	0.014	0.014	0.013	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011
2.3	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008
2.4	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006
2.5	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
2.6	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
2.7	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
2.8	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
2.9	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
3.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
3.1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
3.2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
3.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

ANEXO 10: Fórmulas utilizadas en el proyecto.

FÓRMULAS	
Índices de capacidad (corto plazo).	
Índice Cp	$C_p = \frac{ES-EI}{6\sigma}$
Índice Cps	$C_{ps} = \frac{ES-u}{3\sigma}$
Índice Cpi	$C_{pi} = \frac{u-EI}{3\sigma}$
Índice Cpk	$C_{pk} = \text{Min} \left(\frac{u-EI}{3\sigma}, \frac{ES-u}{3\sigma} \right)$
Índice Cpm	$C_{pm} = \frac{ES-EI}{6\sqrt{\sigma^2 + (u-N)^2}}$
Índice K	$K = \frac{u-N}{\frac{1}{2}(ES-EI)} * 100$
Índices de capacidad (largo plazo).	
Índice Pp	$P_p = \frac{ES-EI}{6\sigma_L}$
Índice Pps	$P_{ps} = \frac{ES-u}{3\sigma_L}$
Índice Ppi	$P_{pi} = \frac{u-EI}{3\sigma_L}$
Índice Ppk	$C_{pk} = \text{Min} \left(\frac{u-EI}{3\sigma_L}, \frac{ES-u}{3\sigma_L} \right)$
Límites reales del proceso.	
Límite real superior.	$u + Z_{\alpha/2} \sigma$
Límite real inferior.	$u - Z_{\alpha/2} \sigma$
Intervalos de los índices de capacidad.	
Cp	$\hat{C}_{pk} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\hat{C}_{pk}}{\sqrt{2(n-1)}}$
Cpk	$\hat{C}_{pk} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{C}_{pk}^2}{2(n-1)} + \frac{1}{9n}}$
Cpm	$\hat{C}_{pm} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\hat{C}_{pm}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\frac{1}{2} + \frac{(\bar{X}-N)^2}{S^2}}{(1 + \frac{(\bar{X}-N)^2}{S^2})^2}}$
Medidas de tendencia central.	
Media (\bar{X}).	$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$
Desviación estándar (S)	$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$

Desviación estimada ($\hat{\sigma}$).	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$
Cartas de control	
Desviación estándar de la media.	$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$
Rango.	$\bar{R} = X_{\text{mayor}} - X_{\text{menor}}$
Límites de control para la carta (\bar{X}).	
Límite de control superior.	$LCS = \bar{\bar{X}} + 3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} \right)$
Límite central	$\bar{\bar{X}}$
Límite de control inferior.	$LCI = \bar{\bar{X}} - 3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} \right)$
Límites de control para la carta (R).	
Límite de control superior.	$LCS = D_4 \bar{R}$
Límite central.	\bar{R}
Límite de control inferior.	$LCI = D_3 \bar{R}$
Cálculo del número de observaciones población finita.	
Número de observaciones (n).	$n = \frac{N(Z_{\alpha})^2 * p(1-p)}{(N-1)E^2 + (Z_{\alpha})^2 * p(1-p)}$
Probabilidades.	
Probabilidad normal estándar.	$P(X \leq x) = P\left(\frac{X-u}{\sigma} \leq \frac{x-u}{\sigma}\right) = P(Z \leq z)$
Productividad	
Productividad monofactorial.	$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Recursos utilizados}}$
Tiempo estándar (Ts).	$Ts = FV * To * (1 + s)$
Capacidad de producción (Cp).	$\frac{1}{Tc}$
Variación de productividad.	$\Delta Pr = \left[\frac{\Delta \text{Productividad final}}{\Delta \text{Productividad inicial}} - 1 \right] * 100$

Fuente: (García Criollo, 2005), (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009)

ANEXO 11: Método de Westinghouse para el cálculo del factor de valoración.

MÉTODO DE WESTINGHOUSE			
HABILIDAD		ESFUERZO	
+0.15	A1	+0.13	A1
+0.13	A2 Habilísimo	+0.12	A2 Excesivo
+0.11	B1	+0.10	B1
+0.08	B2 Excelente	+0.08	B2 Excelente
+0.06	C1	+0.05	C1
+0.03	C2 Bueno	+0.02	C2 Bueno
0.00	D Promedio	0.00	D Promedio
-0.05	E1	-0.04	E1
-0.10	E2 Regular	-0.08	E2Regular
-0.15	F1	-0.12	F1
-0.22	F2 Deficiente	-0.17	F2 Deficiente
CONDICIONES		CONSISTENCIA	
+0.06	A Ideales	+0.04	A Perfecto
+0.04	B Excelente	+0.03	B Excelente
+0.02	C Buena	+0.01	C Buena
0.00	D Promedio	0.00	D Promedio
-0.03	E Regulares	-0.02	E Regulares
-0.07	F Malas	-0.04	F Deficientes

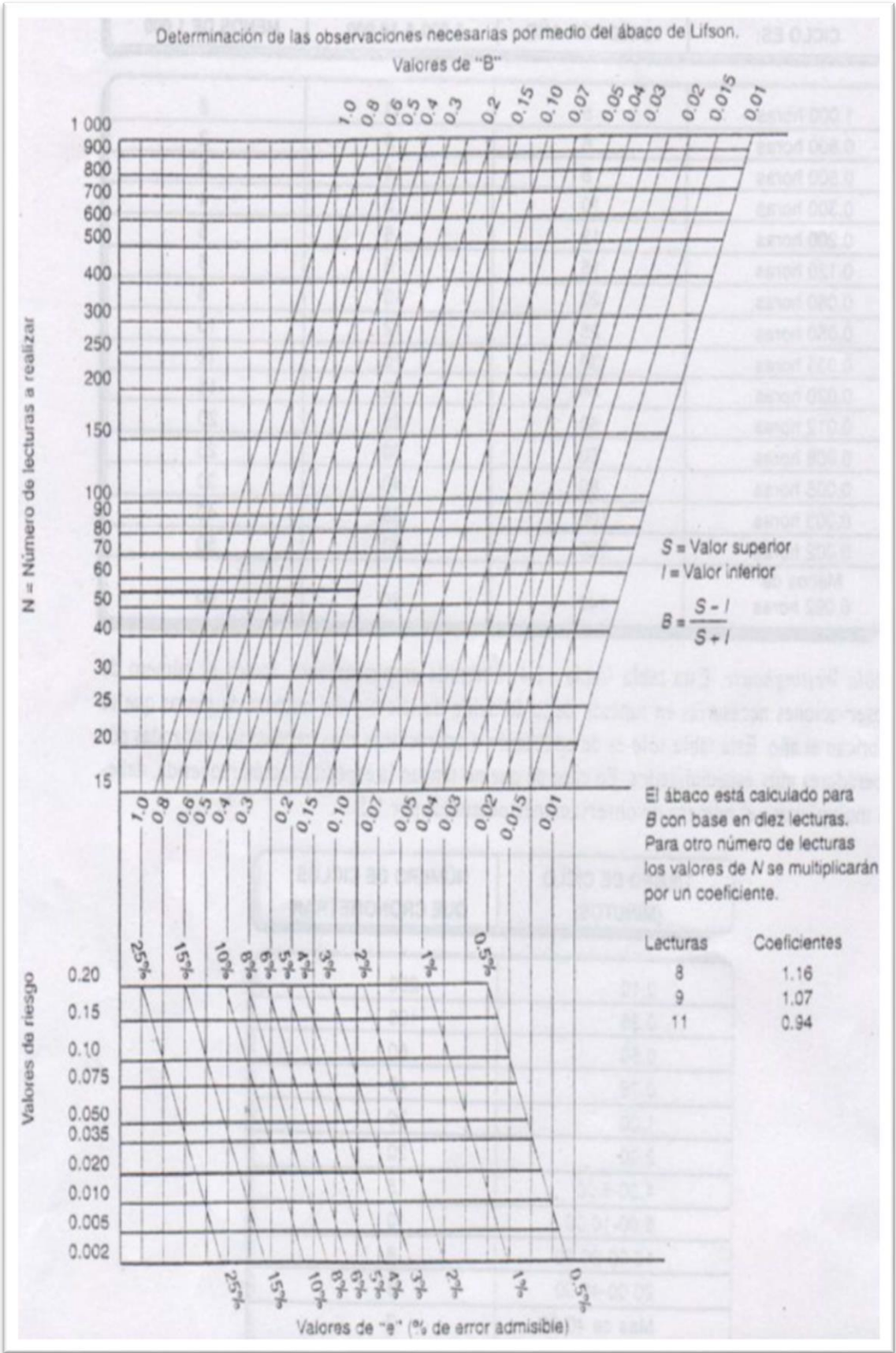
Fuente: (García Criollo, 2005, págs. 213,214)

ANEXO 12: Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.

I. SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hom- bres	Muje- res		Hom- bres	Muje- res
Suplemento por necesidades personales		5 %	7 %	E. Calidad del aire (factores climáticos exclusive)		
Suplemento básico por fatiga		4 %	4 %	Buena ventilación o aire libre	0 %	0 %
		9 %	11 %	Mala ventilación pero sin emanaciones tóxicas ni nocivas	5 %	5 %
2. CANTIDADES VARIABLES AÑADIDAS AL SUPLEMENTO BÁSICO POR FATIGA				Proximidad de hornos, calderas, etc.	5 - 15 %	
A. Suplemento por trabajar de pie		2 %	4 %	F. Tensión visual		
B. Suplemento por postura anormal				Trabajos de cierta precisión	0 %	0 %
Ligeramente incómoda		0 %	1 %	Trabajos de precisión o fatigosos	2 %	2 %
Incómoda (inclinado)		2 %	3 %	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5 %	5 %
Muy incómoda (echado, estirado)		7 %	7 %	G. Tensión auditiva		
C. Levantamiento de pesos y uso de fuerza (levantar, estirar o empujar)				Sonido continuo	0 %	0 %
Peso levantado o fuerza ejercida (en kilos)				Intermitente y fuerte	2 %	2 %
2,5		0 %	1 %	Intermitente y muy fuerte. Estridente y fuerte	5 %	5 %
5		1 %	2 %	H. Tensión mental		
7,5		2 %	3 %	Proceso bastante complejo .	1 %	1 %
10		3 %	4 %	Proceso complejo o atención muy dividida	4 %	4 %
12,5		4 %	6 %	Muy complejo	8 %	8 %
15		6 %	9 %	I. Monotonía: mental		
17,5		8 %	12 %	Trabajo algo monótono	0 %	0 %
20		10 %	15 %	Trabajo bastante monótono	1 %	1 %
22,5		12 %	18 %	Trabajo muy monótono	4 %	4 %
25		14 %	-	J. Monotonía: física		
30		19 %	-	Trabajo algo aburrido	0 %	0 %
40		33 %	-	Trabajo aburrido	2 %	1 %
50		58 %	-	Trabajo muy aburrido	5 %	2 %
D. Intensidad de la luz						
Ligeramente por debajo de lo recomendado		0 %	0 %			
Bastante por debajo		2 %	2 %			
Absolutamente insuficiente .		5 %	5 %			

Fuente: (García Criollo, 2005, pág. 228)

ANEXO 13: Ábaco de Lifson.



Fuente: (García Criollo, 2005, pág. 207)

ANEXO 14: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de las actividades de moldeado.

OBSERVACIONES (min).																					
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	$\overline{T_o}$ (min)
Colocar bandeja en la dosificadora, poner cuajada en moldes, retirar y llevar a mesa de trabajo.	22	23	25	19	20	22	23	23	22	24	22	19	20	26	21	23	24	22	22	23	22.25

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Colocar bandeja en la dosificadora, poner cuajada en moldes, retirar y llevar a mesa de trabajo.	37	35	40	38	35	37	39	39	36	38	37	39	41	35	37	37.53

ANEXO 15: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de prensado.

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Prensar los quesos	71	75	70	80	70	72	75	76	74	80	77	75	79	75	80	75.27

ANEXO 16: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de desmoldeado.

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Retirar láminas de las máquinas de prensado y colocar los quesos en las mesas de trabajo, retirar tela lienzo y molde, colocar los quesos en kavetas y llevar al saladero.	30	33	32	33	30	29	31	33	31	30	33	34	30	32	33	31.6

ANEXO 17: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de salado.

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Dejar el queso en reposo	160	150	155	164	163	165	154	159	160	163	165	158	160	164	157	159.8

ANEXO 18: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de las actividades de empaque.

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Retirar los quesos del saladero y trasladar al área de empaque.	30	28	33	30	30	31	33	29	33	30	33	30	32	33	33	31.2

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Colocar queso dentro de la funda.	78	80	84	80	83	85	83	80	79	83	80	85	83	79	83	81.67

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Colocar el producto en máquina y sellar al vacío.	28	30	33	33	30	28	30	31	30	31	30	33	33	31	30	30.73

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Sacar el producto de la máquina y colocar en kavetas.	10	13	10	11	12	12	10	10	10	12	10	13	13	11	10	11.13

ANEXO 19: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de las actividades de moldeado (mejorado).

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Colocar bandeja en la dosificadora, poner cuajada en moldes, retirar y llevar a mesa de trabajo.	14	15	13	16	14	15	15	14	13	15	12	15	13	15	16	14.33

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Colocar bandeja en la dosificadora, poner cuajada en moldes, retirar y llevar a mesa de trabajo.	54	60	52	55	60	58	60	55	55	60	61	55	58	60	60	57.53

ANEXO 20: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de prensado (mejorado).

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Prensar los quesos	90	95	93	96	95	90	90	95	90	90	90	95	93	90	90	92.13

ANEXO 21: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de desmoldeado (mejorado).

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Rtirar láminas de las maquinas de prensado y colocar los quesos en las mesas de trabajo, retirar tela lienzo y molde, colocar los quesos en kavetas y llevar al saladero	55	60	60	50	55	53	53	55	55	60	60	55	53	54	61	55.93

ANEXO 22: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de la actividad de salado (mejorado).

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Dejar el queso en reposo	200	210	190	200	205	200	195	200	210	205	200	190	195	210	210	201.33

ANEXO 23: Observaciones para el cálculo del tiempo estándar de las actividades de empaque (mejorado).

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Retirar los quesos del saladero y trasladar al área de empaque.	90	95	85	93	89	90	90	96	95	89	90	93	95	95	90	91.67

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Etiquetado.	110	100	105	110	110	115	108	110	105	115	115	100	109	115	116	109.53

OBSERVACIONES (min).																
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\overline{T_o}$ (min)
Paletizado	115	120	118	115	120	120	115	117	118	120	120	120	118	115	120	118.07

ANEXO 24: Encuesta a clientes externos para determinar el impacto que genera el cambio de queso fresco Dulac's de redondo a rectangular.

1.- Al momento de comprar un queso fresco, ¿su decisión de compra influye en el hecho de que este sea redondo o rectangular?

☐ SI

☐ NO

2.- Cuando usted compra un queso fresco, ¿qué es lo más importante?

☐ OLOR

☐ SABOR

☐ TEXTURA

☐ FORMA

3.- En base a la forma del queso fresco, ¿cuál cree usted que generaría más desperdicio?

☐ REDONDO

☐ RECTANGULAR

4.- ¿Cree usted que el peso del queso fresco disminuyó ya que la forma cambió de redondo a rectangular?

☐ SI

☐ NO


[illegible]

ANEXO 26: Ficha técnica de pasteurización.

[illegible]

Fuente: INPROLAC S.A

ANEXO 27: Ficha técnica de queso fresco (500g).

	INPROLAC S.A. INDUSTRIA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS								CÓDIGO: RC- 052					
	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD								REVISIÓN					
									MES	AÑO	N°			
	REGISTRO								ENERO	2014	4			

ANÁLISIS DE QUESOS	N° 0005201
---------------------------	-------------------

FECHA: _____

LOTE: _____

TIPO DE QUESO	CANTIDAD																						
<table style="width: 100%;"> <tr><td>FRESCO</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>BIOQUESO</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>RICOTTA</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>MOZARELLA</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>GOUDA</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>PIZZA</td><td><input type="text"/></td></tr> </table>	FRESCO	<input type="text"/>	BIOQUESO	<input type="text"/>	RICOTTA	<input type="text"/>	MOZARELLA	<input type="text"/>	GOUDA	<input type="text"/>	PIZZA	<input type="text"/>	<table style="width: 100%;"> <tr><td>350g</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>400g</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>500g</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>700g</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>1 kg</td><td><input type="text"/></td></tr> </table>	350g	<input type="text"/>	400g	<input type="text"/>	500g	<input type="text"/>	700g	<input type="text"/>	1 kg	<input type="text"/>
FRESCO	<input type="text"/>																						
BIOQUESO	<input type="text"/>																						
RICOTTA	<input type="text"/>																						
MOZARELLA	<input type="text"/>																						
GOUDA	<input type="text"/>																						
PIZZA	<input type="text"/>																						
350g	<input type="text"/>																						
400g	<input type="text"/>																						
500g	<input type="text"/>																						
700g	<input type="text"/>																						
1 kg	<input type="text"/>																						

ANÁLISIS FISICOQUIMICOS

ANÁLISIS	Q. FRESCO		BIOQUESO		RICOTTA		MOZZAREL.		PIZZA		GOUDA		OTRO	
	NORMA	REAL	NORMA	REAL	NORMA	REAL	NORMA	REAL	NORMA	REAL	NORMA	REAL	NORMA	REAL
pH	6.40-6.70		5.20-5.80		5.40-5.90		5.60-6.00		5.20-5.40		5.00-5.30			
HUMEDAD	56.0-64.0%		53.0-57.0 %		máx. 77		53.0-57.0%		46.0-50.0%		42.0-46.0%			
GRASA	17.0-24.0 %		19.0-23.0 %		min. 7		17.0-21.5%		19.0-25.0%		28.0-32.0%			

ANALISIS SENSORIAL		
ANALISIS	NORMA	REAL
Color	según perfil	
Sabor	según perfil	
Olor	según perfil	
Aspecto	según perfil	

APROBADO		RESPONSABLE	
SI	NO	NOMBRE	FIRMA
<input type="text"/>	<input type="text"/>		

ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
ANALISIS	NORMA	REAL
Coliformes/ E. Coli	0 ufc/g	
Staphilococcus	máx. 10 ufc/g	
Enterobacterias	máx. 200 ufc/g	
Salmonella	ausencia	
Listeria	ausencia	

OBSERVACIONES

Fuente: INPROLAC S.A

ANEXO 28: Certificado de socialización del proyecto.

inprolac s.a.
Industria de Productos Alimenticios

CERTIFICADO

Cayambe 08 de enero del 2015



Por medio de la presente certifico que, el Sr. ENVER JÁCOME de C.I. 0401880877, socializó en su totalidad de proyecto de trabajo de grado titulado: "IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGÍA DMAMC EN LA EMPRESA INPROLAC S.A. EN LA LÍNEA DE PRODUCCION DE QUESO FRESCO DE PRODUCTOS DULAC'S PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS Y DE LA PRODUCTIVIDAD" a todo el personal involucrado en el proyecto.

El mencionado Sr. puede hacer uso de este certificado en lo que creyere conveniente bajo los términos legales.



Atentamente,

Ing. Milton Ramírez Landeta

JEFE DE PRODUCCION

INPROLAC S.A.

